

VYTAUTO DIDŽIOJO UNIVERSITETAS
ŽEMĖS ŪKIO AKADEMIJA

TVIRTINU:

VDU ŽŪA kanclerė *Astrida Miceikienė*

2024 m. lapkričio mėn. 8 d.

**ŽEMĖS ŪKIO, MAISTO ŪKIO IR ŽUVININKYSTĖS 2023–2027 METŲ MOKSLINIŲ
TYRIMŲ IR EKSPERIMENTINĖS PLĖTROS PROGRAMA**

**DIRVOŽEMYJE ESANČIŲ MAISTO MEDŽIAGŲ BALANSO SKAIČIAVIMO
GAIRIŲ PARENGIMAS**

2024 m. GALUTINĖ ATASKAITA

Projekto vadovė

Doc. dr. Darija Jodaugienė

Kaunas

2024

Mokslinio tyrimo ir taikomosios veiklos projekto užsakovas – LR Žemės ūkio ministerija (2024 m. balandžio 3 d. sutartis Nr. MTE-24-2).

Mokslinio tyrimo ir taikomosios veiklos projekto vykdymo vieta – Vytauto Didžiojo universitetas Žemės ūkio akademija

Mokslinio tyrimo ir taikomosios veiklos projekto vykdytojai:

Doc. dr. Darija Jodaugienė (VDU Žemės ūkio akademija, Žemės ūkio mokslai) – vadovas

Doc. dr. Ernestas Zaleckas (VDU Žemės ūkio akademija, Žemės ūkio mokslai)

Dr. Edita Mažuolytė-Miškinė (VDU Žemės ūkio akademija, Žemės ūkio mokslai)

Projekto pradžia: 2024 m.

Projekto pabaiga: 2024 m.

Projekto rezultatų populiarinimas/sklaida:

Moksliniai – informaciniai straipsniai:

1. Zaleckas E., Jodaugienė D., Mažuolytė-Miškinė E. *Tręšimo planavimo ir maistinių medžiagų apskaitos gairės pagal HELCOM*. Ūkininko patarėjas. 2024-09-26. žiūrėti internete

<https://ukininkopatarejas.lt/naujienos/tresimo-planavimo-ir-maistiniu-medziagu-apskaitos-gaires-pagal-helcom/>

2. Jodaugienė D., Mažuolytė-Miškinė E., Zaleckas E. *Ar verta skaičiuoti maisto medžiagų balansą ūkiuose?* Mano ūkis. 2024 m. Nr. 11.

Turinys

ĮVADAS

1. Lietuvoje atliktų mokslinių tyrimų, susijusių su dirvožemyje esančių maisto medžiagų balanso skaičiavimais, analizė
 - 1.1. Lietuvos agroklimatinės sąlygos
 - 1.2. Dirvožemis ir jo savybės
 - 1.2.1. Dirvožemio granulimetrinė sudėtis
 - 1.2.2. Lietuvos dirvožemių agrocheminės savybės
 - 1.2.2.1. Dirvožemio pH
 - 1.2.2.2. Organinė anglis/humusas
 - 1.2.2.3. Mineralinis azotas (N_{\min})
 - 1.2.2.4. Dirvožemio fosforingumas (judriojo fosforo P_2O_5)
 - 1.2.2.5. Dirvožemio kalingumas (judriojo kalio K_2O)
 - 1.3. Mineralinės mitybos elementų prieinamumas augalams
 - 1.4. Maisto medžiagų nuostoliai ir jų atsiradimo priežastys
 - 1.5. NPK (azoto, fosforo, kalio) kompensavimo galimybės
 - 1.5.1. Mineralinės trąšos ir jų poveikis aplinkai
 - 1.5.2. Organinės trąšos
 - 1.5.3. Biologinis azoto kaupimas (fiksacija)
 - 1.5.4. Priešsėliai ir tarpiniai pasėliai
2. Lietuvoje atliktų dirvožemyje esančių maisto medžiagų balanso skaičiavimų palyginimas su atitinkamomis HELCOM ir ES rekomendacijomis
3. Dirvožemio maisto medžiagų balansas ir jo skaičiavimo gairės
 - 3.1. Maisto medžiagų balansas
 - 3.2. Maisto medžiagų balanso (MMB) skaičiavimo metodika
 - 3.3. Maisto medžiagų balanso skaičiavimo gairės
 - 3.4. Maisto medžiagų balanso skaičiavimų rezultatų vertinimas

Išvados ir rekomendacijos

Naudota literatūra

Priedai

ĮVADAS

Jau penkiasdešimt metų rūpinamasi Baltijos jūros užterštumu, atliekami įvairūs tyrimai ir vertinimai, tačiau rezultatai vis dar nedžiugina. Nurodoma, kad Baltijos jūra yra viena iš penkių labiausiai užterštų jūrų pasaulyje. Dėl perteklinio azoto ir fosforo kiekio Baltijos jūroje vyksta eutrofikacija, intensyviai dauginasi mikroskopiniai dumbliai ir melsvabakterės. Dumbliams pradėjus irti, naudojamas deguonis, todėl šio gyvų organizmų kvėpavimui reikalingo elemento ima sparčiai mažėti, susidaro negyvosios zonos.

Skaičiuojama, kad kasmet į Baltijos jūrą patenka apie 640 tūkst. tonų azoto, 30 tūkst. tonų fosforo. Dalis šio kiekio patenka iš žemės ūkio neteisingai naudojant trąšas ir/ar kitus augalų apsaugos produktus. Todėl vienas iš svarbiausių dabartinių Baltijos jūros aplinkos apsaugos komisijos, dar kitaip vadinamos Helsinkio komisijos (HELCOM) prioritetų – maistinių medžiagų kiekio mažinimas tiek tarptautiniu, tiek regioniniu lygmeniu. Panašūs siekiai numatyti ir Europos Sąjungos (ES) Žaliajame kurse (susitarime), kurį įgyvendinant valstybės narės turės iki 2030 m. bent 20 procentų sumažinti naudojamų trąšų ir bent 50 procentų iš dirvožemio prarandamų maisto medžiagų kiekio.

Lietuvoje atlikta nemažai mokslinių tyrimų, susijusių su dirvožemyje esančių maisto medžiagų (mitybos elementų) balanso skaičiavimais, tačiau nėra parengtos aiškios gairės, kaip tai įgyvendinti. Dirvožemio maisto medžiagų valdymas, taikant tvarią šių medžiagų valdymo praktiką, prisidėtų prie negatyvių oro, dirvožemio, vandens taršos ir klimato kaitos padarinių mažinimo. Tai siejasi ir su ES Žaliojo kurso reikalavimais bei HELCOM prioritetais, tačiau nėra labai lengvai įgyvendinama, nes priklauso nuo daugelio veiksnių, tokių, kaip dirvožemio savybės, meteorologinės sąlygos ir kt., kurie kiekviename lauke ar kiekvienais metais gali skirtis.

Gali būti skaičiuojami azoto, fosforo, kalio ir kitų medžiagų balansai, tačiau dažniausiai skaičiuojami azoto, fosforo ir humuso balansai. Daugeliu atvejų tampa iššūkiu apskaičiuoti azoto balansą, nes jį lemia maisto medžiagų kaupimasis, mikroorganizmų veikla, migracija, dirvožemio granulimetrinė sudėtis, organinių medžiagų kiekis, meteorologinės sąlygos, auginami augalai ir kt.

Skaičiuojant azoto balansą, galima tiksliai įvertinti su mineralinėmis trąšomis įnešamą jo kiekį, apytikslį kiekį – su organinėmis trąšomis, augalinėmis liekanomis ir su sėklina medžiaga, tačiau visiškai netiksliai – patenkantį į dirvožemį su krituliais, sukauptą fiksuojančių bakterijų, išgaravusį ar išplautą azoto kiekį. Kritulių gausa, jo pasiskirstymas per augalų vegetaciją ir „lengva“ dirvožemio granulimetrinė sudėtis bei organinių medžiagų stoka lemia didesnę azoto išsiplovimą ir nuplovimą. Pastarojo pasireiškimui turi įtakos ir vietovės reljefas, taikoma žemės dirbimo sistema, auginami augalai. Azoto nuostolius dėl išgaravimo lemia oro temperatūra, krituliai, azoto trąšų forma, technologijos.

Didžiausi netikslumai azoto balanso skaičiavimuose gali atsirasti dėl pasirinkto mikroorganizmų fiksuoto atmosferos azoto kiekio, nes, pavyzdžiui, gumbelinės bakterijos gali sukaupti nuo 50 iki 300 kg ha⁻¹ azoto, o kai kuriais atvejais net 460 kg ha⁻¹. Kiek konkrečiais metais sukaups gumbelinės bakterijos atmosferos azoto, priklausys ne tik nuo auginamų pupinių augalų rūšies, bet ir nuo meteorologinių sąlygų bei dirvožemio savybių. Dar reikėtų įvertinti asociatyvių mikroorganizmų, laisvai gyvenančių, endofitinių bakterijų sukauptus azoto kiekius.

Vadinasi, norint apskaičiuoti faktinį azoto balansą, tyrimus reikėtų atlikti kiekvienais metais visose Lietuvos žemės ūkio paskirties žemėse. Tai nerealu nei fiziškai, nei finansiškai. Kitu atveju, jei naudosis moksliniais tyrimais nustatytus kiekius, kur azoto kiekio intervalas yra gana platus, tai apskaičiuotas balansas, priklausomai nuo pasirinkto skaičiaus iš nurodyto intervalo, tais pačiais metais konkretaus ūkio lauke gali būti teigiamas, neigiamas ar nulinis.

Kyla klausimas „Ar yra prasmė jį skaičiuoti?“. Azoto balansas, apskaičiuotas pagal vidutinius Lietuvos ar konkretaus rajono rodiklius, nesumažina šio elemento nuostolių konkrečiame ūkyje (lauke) ir neišsprendžia vandens telkinių ir Baltijos jūros taršos problemos. Ženkliai didesnė pasiekama nauda būtų, jei kiekvienas ūkis pasėlių tręšimą planuotų pagal dirvožemio derlingumą ir auginamų augalų poreikius konkrečiam derlingumui pasiekti. Siekiant įvertinti azoto naudojimo efektyvumą ūkyje (konkrečiame lauke), tikslingiau būtų skaičiuoti azoto naudojimo efektyvumą (NUE). Taip pat tikslingas humuso kiekio vertinimas ir balanso skaičiavimas kas ketveri metai. Taip pat kiekvienas ūkis turėtų augalus tręšti pagal tręšimo planus, plėsti skaitmenines technologijas žemės ūkyje, investuoti į dirvožemio tyrimus ir tiksliojo tręšimo įrangą. Tokiu atveju kur kas geriau būtų valdomi maisto medžiagų srautai tiek ūkio, tiek regiono, tiek Baltijos jūros užterštumo požiūriu.

MTEP projekto tikslas - Parengti dirvožemyje esančių maisto medžiagų balanso skaičiavimo gaires vadovaujantis Lietuvoje atliktais moksliniais tyrimais, Baltijos jūros aplinkos apsaugos komisijos (toliau – HELCOM) ir ES rekomendacijomis

Numatomi spęsti uždaviniai:

1. Įvertinti Lietuvoje atliktus mokslinius tyrimus, susijusius su dirvožemyje esančių maisto medžiagų balanso skaičiavimais.
2. Palyginti Lietuvoje atliktus dirvožemyje esančių maisto medžiagų balanso skaičiavimus su atitinkamomis HELCOM ir ES rekomendacijomis.
3. Išanalizavus esamus duomenis parengti dirvožemyje esančių maisto medžiagų balanso skaičiavimo gaires.

1. Lietuvoje atliktų mokslinių tyrimų, susijusių su dirvožemyje esančių maisto medžiagų balanso skaičiavimais, analizė

1.1. Lietuvos agroklimatinės sąlygos

Klimatinės sąlygos, ypač kritulių kiekis, lemia ne tik maisto medžiagų nuostolius: nuplovimą ir išsiplovimą, tačiau ir galimą maisto medžiagų papildymą kartu su iškritusiais krituliais.

Lietuvos klimatas yra vėsiojo vidutinio klimato juostoje su vidutinio šilumo vasaromis bei vidutinio šaltumo žiemomis. Lietuvoje daugiametis vidutinės temperatūros vidurkis (1981–2010 m.) yra 6,9 °C. Vis dėlto pastaraisiais dešimtmečiais stebimas ryškus vidutinės metinės temperatūros kilimas: 2015 m. vidurkis buvo 8,3 °C, o 2019 m. – 8,8 °C, aukščiausias nuo stebėjimų pradžios 1961 m. Vidutinė liepos mėnesio temperatūra yra apie 17 °C, žiemą – apie –5 °C. Lietuvoje būna palyginti karštų vasarų, kai aukščiausia dienos oro temperatūra viršija +35 °C, ir šaltų žiemų, kai naktimis temperatūra nukrenta žemiau –30 °C. Aukščiausia Lietuvoje užfiksuota oro temperatūra – +37,5 °C (Zarasuose, 1994 m. liepos 30 d.), o žemiausia – –42,9 °C (Utenoje 1956 m. vasario 1 d.). Lietuvos klimatas priskiriamas 5–6 atšiaurumo zonoms (Vidutinės klimatinių rodiklių...).

Daugiausiai kritulių iškrenta vasarą (iki 50 proc. metinio kritulių kiekio) dėl netikėtų audrų, škvalų, perkūnijų ir lietaus. Mažiau kritulių rudenį, žiemą, kai vyrauja nedidelio intensyvumo krituliai: dulksna, nedidelis sniegas ar lietus. Mažiausiai kritulių – pavasarį (dėl vyraujančių anticiklonų). Lietuvos teritorijoje, einant iš vakarų į rytus, didėja klimato kontinentalumas: plėtėja temperatūros metinė ir paros amplitudės, šaltesnės žiemos, ilgiau išsilaiko sniego danga, sausesnis oras (Vidutinės klimatinių rodiklių...).

Klimato kaitos ypatumai Lietuvoje daugiausia priklauso nuo atmosferos cirkuliacijos ypatumų. Nustatyta, kad nuo XX a. ketvirtojo dešimtmečio ėmė dažnėti gilūs ciklonai, slenkantys per Lietuvą. Ypač jų daugėja žiemos mėnesiais. Sustiprėjo ir oro masių pernaša iš vakarų. Tokie atmosferos cirkuliacijos pokyčiai lėmė terminų sezonų trukmės pokyčius (pailgėjo terminų pavasario ir rudens sezonų trukmė), sezoninių oro temperatūros ir kritulių kiekio skirtumų, sniego dangos rodiklių (dienų su sniego danga skaičiaus ir sniego storio) mažėjimą. Visa tai rodo mažėjantį Lietuvos klimato kontinentalumą (Dėl Jungtinių Tautų...,2008).

Analizuojant vidutinės daugiametės temperatūros pokyčius Lietuvoje, matyti, kad ji nemažai skiriasi, lyginant atskirus mėnesius (1 lentelė). Žiemos mėnesių vidutinė daugiametė temperatūra tarp šilčiausios ir vėsiausios skiriasi nuo 3 laipsnių sausio, vasario mėn. ir iki 5 laipsnių gruodžio mėn. Bene didžiausias skirtumas pastebimas balandžio mėn. Didžiausia vidutinė daugiametė temperatūra siekia 14 °C, o mažiausia – 0 °C. Vasaros mėnesiais skirtumas siekia nuo 5,0 iki 6,5 °C.

1 lentelė. Vidutinės daugiametės temperatūros pokyčiai

Vidutinė daugiametė temperatūra Lietuvoje (°C)												
Mėnesis	Sau	Vas	Kov	Bal	Geg	Bir	Lie	Rgp	Rgs	Spa	Lap	Gru
Vidutinė šilčiausia	-2	-2	+5	+14	+15	+16,4	+17,5	+15	+13	+10	+5	0
Vidutinė vėsiausia	-5	-5	-2	0	+8	+10	+11	+10	+8	+2	0	-5

Lyginant klimato pokyčius 1981–2010 m. su 1991–2020 m. vidurkiais (nors į vidurkius įeina tie patys 20 m., t. y. 1991–2010 m.) galima pastebėti tiek vidutinės daugiametės temperatūros, tiek ir kritulių kiekio skirtumus atskirais mėnesiais (2 ir 3 lentelės). Vidutinė metų daugiametė temperatūra skiriasi 0,5 °C, lyginant 1981–2010 m. su 1991–2020 m. vidurkiais, nors kritulių vidutinis kiekis buvo nustatytas toks pats.

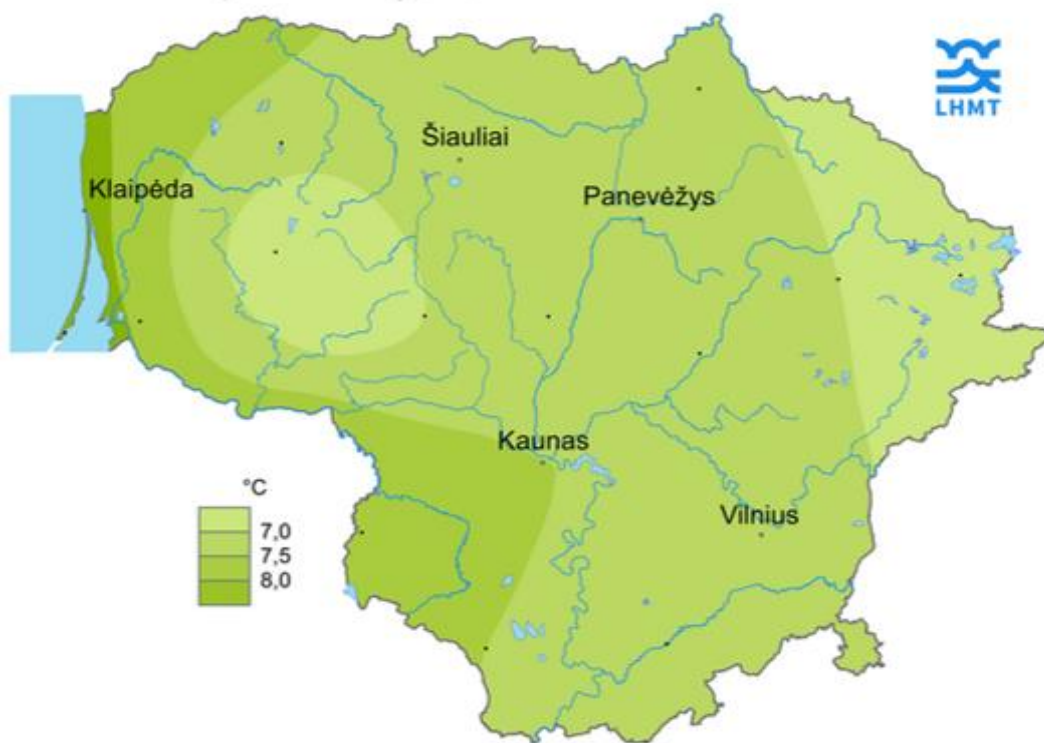
2 lentelė. Vidutinė daugiametė temperatūra ir vidutinis kritulių kiekis 1981–2010 m.

Lietuvos klimatas 1981–2010 m.													
	Sau	Vas	Kov	Bal	Geg	Bir	Lie	Rgp	Rgs	Spa	Lap	Gru	Metų
Vidutinė oro temperatūra (°C)	-3,2	-3,2	+0,4	+6,7	+12,4	+15,4	+17,9	+17,1	+12,3	+7,2	+1,9	-1,9	+6,9
Kritulių kiekis (mm)	51	38	42	36	54	75	78	77	65	66	58	55	695

3 lentelė. Vidutinė daugiametė temperatūra ir vidutinis kritulių kiekis 1991–2020 m.

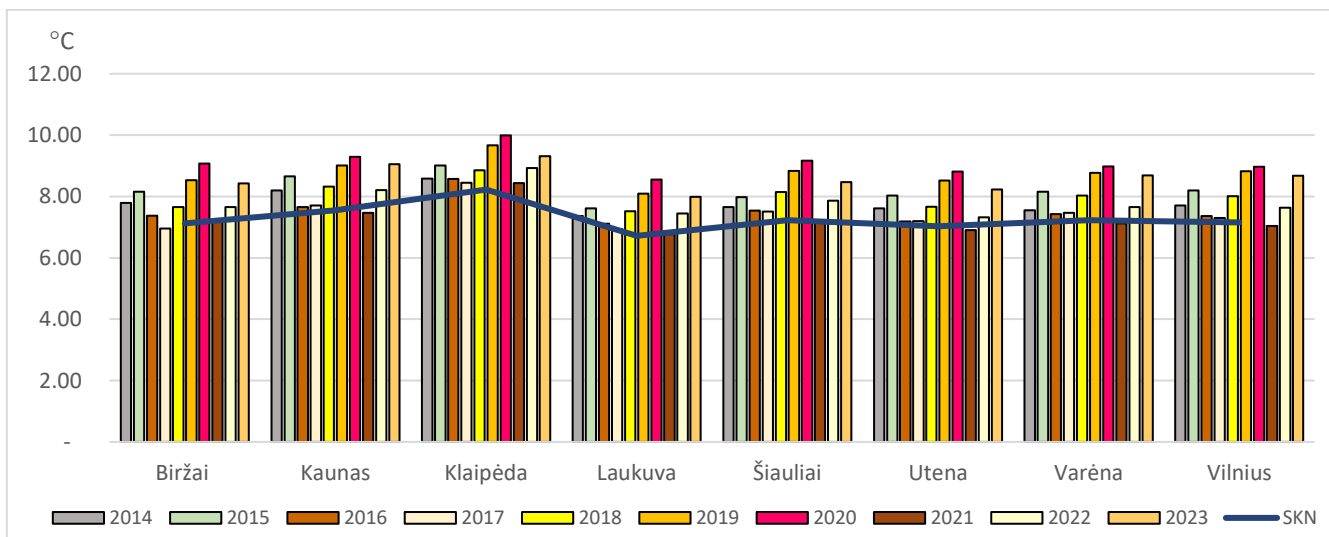
Lietuvos klimatas 1991-2020 m.													
	Sau	Vas	Kov	Bal	Geg	Bir	Lie	Rgp	Rgs	Spa	Lap	Gru	Metų
Vidutinė oro temperatūra (°C)	-2,9	-2,5	+0,9	+7,2	+12,5	+15,9	+18,3	+17,6	+12,8	+7,3	+2,6	-1,1	+7,4
Kritulių kiekis (mm)	53	43	39	37	53	68	84	77	60	68	57	56	695

Remiantis standartine klimato norma (SKN), t. y. 1991–2020 m. vidurkiais, vidutinė metinė temperatūra siekia +7,4 °C, tačiau atskiruose Lietuvos regionuose ji svyruoja (1 pav.). Aukščiausia vidutinė metinė temperatūra vyrauja vakariniame krašte prie Baltijos jūros, o žemiausia – rytinėje pusėje ir dalyje Žemaitijos regiono.



1 pav. Vidutinė metinė temperatūra atskiruose Lietuvos regionuose, SKN 1991–2020 m.

Analizuojant standartinę klimato normą atskirose meteorologinėse stotyse, matyti kad ji svyruoja nuo 6,72°C Laukuvoje iki 8,23 °C Klaipėdoje (2 pav.).

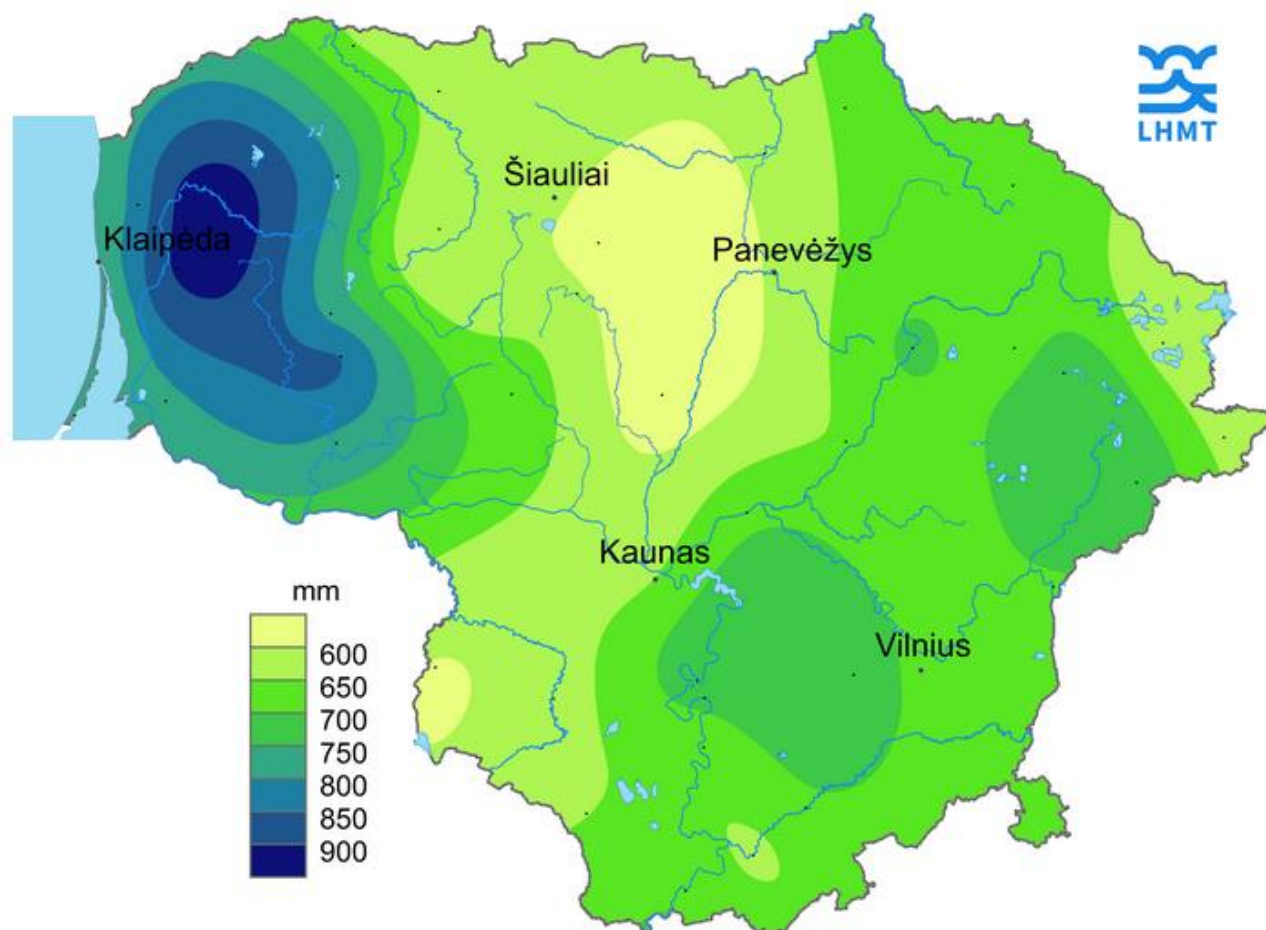


2 pav. Vidutinė metinė temperatūra (2014–2023 m.) ir standartinė klimato norma (1991–2020 m.) atskirose meteorologinėse stotyse

Paskutinių 10-ies metų vidutinė metinė temperatūra atskirais metais skirtingose meteorologinėse stotyse taip pat skyrėsi. Biržų meteorologinėje stotyje skirtumas tarp mažiausios vidutinės metinės

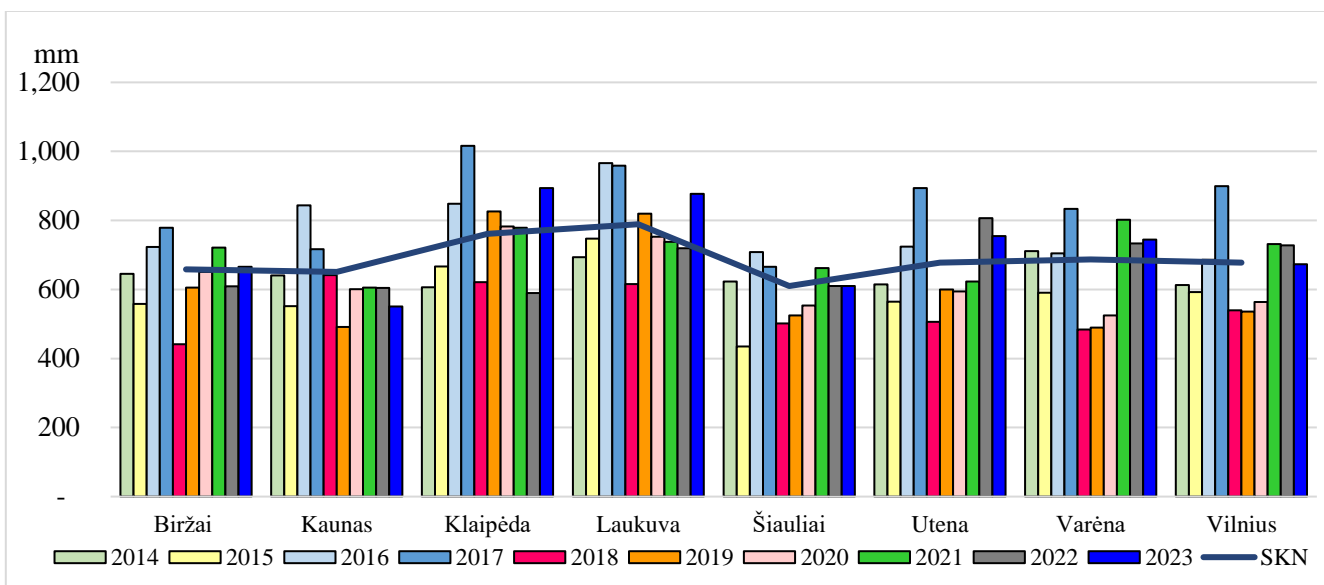
temperatūros 6,96 °C (2017 m.) ir aukščiausios 9,07 °C (2020 m.) buvo 2,11 °C. Kauno meteorologinėje stotyje nustatytas skirtumas tarp mažiausios vidutinės metinės temperatūros 7,47 °C (2021 m.) ir aukščiausios 9,29 °C (2020 m.) sudarė 1,82 °C. Klaipėdos meteorologinėje stotyje nustatytas skirtumas buvo 1,55 °C (didžiausia – 9,99 °C (2020 m.), mažiausia – 8,44 °C (2017 m.)), Laukuvos – 1,62 °C (didžiausia – 8,55 °C (2020 m.), mažiausia – 6,93 °C (2017 m.)), Šiaulių – 1,94 °C (didžiausia – 9,17 °C (2020 m.), mažiausia – 7,23 °C (2021 m.)), Utenos – 1,91 °C (didžiausia – 8,82 °C (2020 m.), mažiausia – 6,91 °C (2021 m.)), °C (didžiausia – 8,55 °C (2020 m.), mažiausia – 6,93 °C (2017 m.)), Varėnos – 1,31 °C (didžiausia – 8,97 °C (2020 m.), mažiausia – 7,66 °C (2021 m.)), o Vilniaus – 1,93 °C (didžiausia – 8,97 °C (2020 m.), mažiausia – 7,04 °C (2021 m.)).

Vidutinis kritulių kiekis 1981–2010 m. ir 1991–2020 m. buvo nustatytas toks pats, t.y. 695 mm per metus (2 ir 3 lentelės), tačiau atskiruose Lietuvos regionuose krituliai pasiskirsto nevienodai (3 pav.).



3 pav. Vidutinis metinis kritulių kiekis mm atskiruose Lietuvos regionuose

Daugiausia kritulių iškrenta vakarinėje dalyje, o mažiausiai vidurinėje šalies teritorijoje. Vertinant SKN matyti, kad kritulių kiekis atskiruose regionuose svyruoja taip pat nemažai (4 pav.). SKN Šiauliuose siekė 610 mm, o Laukuvoje 789 mm. Analizuojant 10-ies metų kritulių kiekio duomenis matyti, kad mažiausiai kritulių iškrito 2018 m., tačiau tarp atskirų meteorologinių stočių nustatyti nemaži skirtumai. 2018 m. mažiausiai kritulių (442 mm) iškrito Biržų meteorologinėje stotyje, o daugiausiai – Kauno meteorologinėje stotyje – 642 mm, skirtumas sudarė net 200 mm.



4 pav. Vidutinis metinis kritulių kiekis (2014–2023 m.) ir standartinė klimato norma (1991–2020 m.) atskirose meteorologinėse stotyse

Dideli skirtumai nustatyti ir 2019 m. Nors metai buvo pakankamai sausi, tačiau krituliai pasiskirstė labai netolygiai. Kauno meteorologinėje stotyje iškrito 492 mm, o Klaipėdos – 826 mm, skirtumas siekė – 334 mm. Pakankamai drėgni metai buvo 2016 ir 2017 m., tačiau taip pat krituliai pasiskirstė netolygiai. 2016 m. daugiausiai kritulių iškrito Laukuvoje – 966 mm, o mažiausiai – 686 mm Vilniuje (skirtumas – 280 mm). 2017 m. didžiausias kritulių kiekis nustatytas Klaipėdoje – 1016 mm, o mažiausias – 686 mm Vilniuje (skirtumas – 330 mm). Remiantis 10-ies metų vidurkiais galima pastebėti, kad mažiausias metinis kritulių kiekis – 435 mm iškrito 2015 m. Šiauliuose, o didžiausias 1016 mm 2017 m. Klaipėdoje.

1.2. Dirvožemis ir jo savybės

Lietuvos Respublikos teritorijos dirvožemio duomenų bazė (**Dirv_DB10LT**) M 1:10 000 skaitmenine forma pradėta kaupti Nacionalinės žemės tarnybos prie Žemės ūkio ministerijos generalinio direktoriaus 2005 m. vasario 14 d. įsakymu „Dėl oficialių žemėlapių sąrašo patvirtinimo“. Pagrindinis

šios duomenų bazės kūrimo tikslas buvo parengti dirvožemio našumo vertinimo grupių sluoksnį, panaudojant informaciją apie dirvožemių tipologinius vienetus ir granulimetrinę sudėtį. Europos Parlamentas ir Taryba 2007 m. kovo 14 d. priėmė direktyvą 2007/2/EB, kuri įpareigojo sukurti Europos Bendrijos erdvinės informacijos infrastruktūrą (INSPIRE). Šios direktyvos įgyvendinimui Lietuvos Respublikos Vyriausybė 2010 m. spalio 13 d. nutarimu „Dėl Lietuvos erdvinės informacijos infrastruktūros erdvinių duomenų temų patvirtinimo“ patvirtino Lietuvos Respublikos teritorijos M 1:10 000 dirvožemio erdvinių duomenų rinkinį (**Dirv_DR10LT**). Dirvožemio erdvinių duomenų rinkinį (Dirv_DR10LT) sudaro dirvožemio morfologinių savybių analizė, klasifikacijos vieneto identifikavimas, žemės našumo vertinimas.

2021 lapkričio 17 d. Europos Komisija išleido komunikatą **“Europos Sąjungos (ES) dirvožemio strategiją“**, kuris yra paremtas Europos žaliuoju kursu ir susijęs su ES politika. Strategijoje yra nurodytos pagrindinės priemonės, kurios padės apsaugoti ir atkurti dirvožemį bei užtikrins tausų jo naudojimą. Vizija ir tikslai yra nustatyti iki 2050 m., o konkretūs veiksmai nurodyti iki 2030 m. Sveikas dirvožemis yra svarbus norint pasiekti klimato neutralumą, švarią ir žiedinę ekonomiką bei sustabdyti dykumėjimą ir žemės degradaciją. Sveikas dirvožemis taip pat svarbus stabdant biologinės įvairovės nykimą, tiekiant sveiką maistą bei apsaugant žmonių sveikatą. (Communication from the commission..., 2021).

Dirvožemio vizija iki 2050 m.:

- visos ES dirvožemio ekosistemos turi būti geros būklės;
- dirvožemio apsauga, tvarus jo naudojimas ir atkūrimas turi tapti įprasta praktika;
- užtikrinti poveikio klimatui neutralumą ir tapti atspariems klimato kaitai, plėtoti ekologišką ir žiedinę (bio)ekonomiką, sustabdyti biologinės įvairovės nykimą, apsaugoti žmonių sveikatą, sustabdyti dykumėjimą ir pakeisti žemės degradacijos tendencijas;

Pagrindiniai šios strategijos uždaviniai:

- suteikti dirvožemiui tokią pat apsaugą, kaip orui ir vandeniui;
- dirvožemio gyventojams skirti tiek pat dėmesio, kiek antžeminei biologinei įvairovei;

Siekiant įgyvendinti dirvožemio strategiją, reikalingos įtraukios ir plataus masto valdymo priemonės, kurios padėtų visiems suinteresuotiems subjektams diskutuoti ir bendradarbiauti. Šiam tikslui kuriama ES geros dirvožemio būklės koalicija „EU Coalition4HealthySoils“ (C4HS), kurios pagrindas ES dirvožemio ekspertų grupė. Politiniai sprendimai priimami remiantis ES dirvožemio stebėjimo centro ir Europos aplinkos informacijos ir stebėjimo tinklo (EIONET) Nacionalinio dirvožemio informacijos centro ir Europos dirvožemio būklės gerinimo misijos duomenimis ir žiniomis.

Nors ES būdinga didelė dirvožemio rūšių įvairovė, jos turi ir bendrų savybių. Todėl galima apibrėžti bendras ribas arba normas, kurias viršijus dirvožemio nebegalima laikyti geros būklės. Reikės nustatyti tokius geros dirvožemio būklės rodiklius ir jų verčių ribas, kurie, siekiant užtikrinti gerą dirvožemio būklę, turėtų būti pasiekti iki 2050 m., ir dėl jų susitarti; šie rodikliai ir vertės taip pat turėtų būti apsvarstyti ES lygmeniu rengiant Geros dirvožemio būklės teisės aktą, kuriuo bus užtikrinamos vienodos sąlygos ir aukšto lygio aplinkos ir sveikatos apsauga. Komisija įgalios naują išplėstos sudėties Dirvožemio apsaugos ekspertų grupę, remiantis įgyvendinant Dirvožemio būklės gerinimo misiją atliekamu darbu, nustatyti šiuos rodiklius ir jų verčių ribas. Kad būtų galima teikti papildomas konsultacijas, bus proporcingai papildyta dabartinės Komisijos ekspertų grupės sudėtis. Šios misijos valdyba palaikė tikslą užtikrinti, kad iki 2030 m. 75 proc. Europos Sąjungos (ES) dirvožemio būklė būtų gera arba gerėtų.

Turėti žinių apie gerą dirvožemio būklę labai svarbu ne tik ūkininkams, miškininkams, žemės savininkams, bet ir bankams, valdžios institucijoms ir daugeliui kitų suinteresuotųjų subjektų. Didėja susidomėjimas patikslintu dirvožemio kokybės indeksu, pvz., finansų ir pramonės sektoriuose. Kai kurios valstybės narės yra sukūrusios geros dirvožemio būklės pažymėjimus, kuriuos reikia pateikti sudarant žemės sandorius, kad būtų tinkamai informuojamas pirkėjas. Tuo pat metu tiek viešasis, tiek privatusis sektorius plėtoja į rezultatus orientuotus metodus, kuriais skatinama veiksminga geros dirvožemio būklės, biologinės įvairovės, anglies dioksido saugojimo pajėgumų ir kt. užtikrinimo praktika, ir į juos investuoja.

Dirvožemio vizija

Iki 2050 m. visos ES dirvožemio ekosistemos turi būti geros būklės, taigi ir atsparesnės, todėl ši dešimtmetį reikia imtis labai ryžtingų pokyčių.

Iki to laiko dirvožemio apsauga, tvarus jo naudojimas ir atkūrimas turi tapti įprasta praktika. Kaip vienas iš pagrindinių sprendimų, geros būklės dirvožemis padeda spręsti didelius mums kylančius uždavinius, t. y. užtikrinti poveikio klimatui neutralumą ir tapti atspariems klimato kaitai, plėtoti ekologišką ir žiedinę (bio)ekonomiką, sustabdyti biologinės įvairovės nykimą, apsaugoti žmonių sveikatą, sustabdyti dykumėjimą ir pakeisti žemės degradacijos tendencijas (Communication from the commission..., 2021).

Ši nauja dirvožemio vizija įtvirtinta 2030 m. ES biologinės įvairovės strategijoje (2030 m. ES biologinės..., 2020) ir Prisitaikymo prie klimato kaitos strategijoje (ES prisitaikymo prie klimato ..., 2021). Todėl ši dirvožemio strategija grindžiama keliais toliau nurodytais Žaliojo kurso iniciatyvos ir anksčiau nustatytais tikslais ir labai padės juos įgyvendinti.

Vidutinės trukmės tikslai iki 2030 m.:

- kovoti su dykumėjimu, atkurti nualintą žemę ir dirvožemį, įskaitant dykumėjimo, sausros ir potvynių pažeistus plotus, ir siekti, kad pasaulyje žemės būklė neblogėtų (15 darnaus vystymosi tikslo 3 uždavinys) (Jungtinės Tautos (2015));
- atkurti didelius plotus nualintų ir gausiaanglių ekosistemų, įskaitant dirvožemį (2030 m. ES biologinės..., 2020);
- pasiekti, kad per metus žemės naudojimo, žemės naudojimo keitimo ir miškininkystės (LULUCF) sektoriuje ES grynasis absorbuojamas šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekis siektų 310 mln. CO₂ ekvivalento tonų (Pasiūlymas dėl LULUCF reglamento..., 2021);
- iki 2027 m. pasiekti gerą paviršinio vandens telkinių ekologinę ir cheminę būklę ir gerą požeminio vandens cheminę ir kiekybinę būklę (Vandens pagrindų direktyva 2000/60/EB);
- iki 2030 m. bent 50 proc. sumažinti maisto medžiagų praradimą, 50 proc. sumažinti bendrą naudojamų cheminių pesticidų kiekį ir jų keliamą riziką ir 50 proc. sumažinti naudojamų pavojingesnių pesticidų kiekį (ES strategija „Nuo ūkio iki stalo“..., 2020); padaryti didelę pažangą valant užterštas teritorijas.

Ilgalaikiai tikslai iki 2050 m.:

- pasiekti, kad nebebūtų didinamas bendras užimtos žemės plotas (Efektyvaus išteklių naudojimo..., 2011; 7-oji ES aplinkosaugos ..., 2013);
- dirvožemio taršą sumažinti iki tokio lygio, kuris nebelaikomas kenksmingu žmonių sveikatai ir natūralioms ekosistemoms ir kuriuo neviršijamas mūsų planetos pajėgumas kovoti su tokia tarša, taip sukuriant aplinką be toksinių medžiagų (Kuriame sveiką planetą..., 2021);
- užtikrinti, kad Europa taptų neutralaus poveikio klimatui žemynu (Klimato teisės aktas..., 2021), pirmiausia stengtis iki 2035 m. ES pasiekti su žeme susijusį poveikio klimatui neutralumo tikslą (Pasiūlymas dėl LULUCF..., 2021);
- užtikrinti, kad iki 2050 m. ES visuomenė būtų atspari klimato kaitai ir visiškai prisitaikiusi prie neišvengiamo klimato kaitos poveikio (ES prisitaikymo prie..., 2021).

Be kai kurių galiojančių su dirvožemio apsauga susijusių ES teisinių nuostatų (Pasiūlymas dėl LULUCF..., 2021) ir veiksmų, kurių imtasi pagal 2006 m. Dirvožemio apsaugos teminę strategiją (Dirvožemio apsaugos teminė..., 2006), ES iki šiol nepavyko sukurti tinkamos teisinės sistemos, kuria dirvožemiui būtų užtikrinama tokio pat lygio apsauga, kokia suteikiama vandeniui, jūros aplinkai ir orui. Vis dėlto per pastaruosius metus būtinybė užtikrinti tokią apsaugą tapo aktualesnė, taip pat padaugėjo apie dirvožemį sukauptų žinių ir imta vis labiau pripažinti jo vertę. Didėja dirvožemiui daromas poveikis

ir su juo susiję lūkesčiai bei pretenzijos, o dėl klimato ir biologinės įvairovės krizių padėtis dar labiau blogėja. Mums dabar kaip niekada reikalingas geros būklės dirvožemis.

Koks yra geros būklės dirvožemis?

Dirvožemis yra geros būklės tuomet, kai jo cheminė, biologinė ir fizinė būklė yra gera, todėl jis gali nuolat teikti kuo daugiau šių ekosisteminių paslaugų:

- užtikrinti maisto ir biomasės gamybą, be kita ko, žemės ūkio ir miškininkystės sektoriuose;
- sugerti, kaupti ir filtruoti vandenį, transformuoti maisto ir kitas medžiagas ir taip apsaugoti požeminio vandens telkinius;
- suteikti pagrindą gyvybei ir biologinei įvairovei, įskaitant buveines, rūšis ir genus;
- atlikti anglies kaupiklio funkcijas;
- suteikti fizinį pagrindą žmonėms ir jų vykdomai veiklai ir teikti kultūros paslaugas;
- atlikti žaliavų šaltinio funkcijas;
- saugoti geologinį, geomorfologinį ir archeologinį paveldą.

Būsimu Komisijos pasiūlymu dėl Gamtos atkūrimo teisės akto siekiama iki 2050 m. atkurti gerą ekosistemų būklę. Vis dėlto, norint pasiekti šį tikslą dirvožemio ekosistemų srityje, turint omenyje ES dirvožemio politikos nuostatų trūkumą, reikės užpildyti keletą likusių svarbių politikos spragų. Šiame komunikate šios spragos šalinamos veikiant keliomis kryptimis.

Nors ES būdinga didelė dirvožemio rūšių įvairovė, jos turi ir bendrų savybių. Todėl galima apibrėžti bendras ribas arba normas, kurias viršijus dirvožemio nebegalima laikyti geros būklės. Reikės nustatyti tokius geros dirvožemio būklės rodiklius ir jų verčių ribas, kurie, siekiant užtikrinti gerą dirvožemio būklę, turėtų būti pasiekti iki 2050 m., ir dėl jų susitarti; šie rodikliai ir vertės taip pat turėtų būti apsvaistyti ES lygmeniu rengiant Geros dirvožemio būklės teisės aktą, kuriuo bus užtikrinamos vienodos sąlygos ir aukšto lygio aplinkos ir sveikatos apsauga. Komisija įgalios naują išplėstos sudėties Dirvožemio apsaugos ekspertų grupę, remiantis įgyvendinant Dirvožemio būklės gerinimo misiją atliekamu darbu, nustatyti šiuos rodiklius ir jų verčių ribas. Kad būtų galima teikti papildomas konsultacijas, bus proporcingai papildyta dabartinės Komisijos ekspertų grupės sudėtis¹. Šios misijos valdyba palaikė tikslą užtikrinti, kad iki 2030 m. 75 proc. Europos Sąjungos (ES) dirvožemio būklė būtų gera arba gerėtų. Didžiausią įtaką maisto medžiagų išplovimui, nunešimui ir kaupimui bei aplamai dirvožemio sveikatai turi dirvožemio granulimetrinė sudėtis ir humusingumas, taip pat nemažą įtaką ir dirvožemio pH.

1.2.1. Dirvožemio granulimetrinė sudėtis

Dirvožemio granulimetrinė sudėtis turi labai didelę reikšmę dirvodaros procesams, maisto medžiagų kaupimui ir išsiplovimui, taip pat augalų mitybai. Dirvožemis yra sudarytas iš įvairaus dydžio ir formos dalelių, vadinamų granulimetriniais elementais. Dirvožemio granulimetrinė sudėtis, jos frakcijų pasiskirstymas atskiruose profilio horizontuose yra svarbūs rodiklis sprendžiant fizikines ir agrochemines savybes, bei maisto medžiagų kaupimosi ir išsiplovimo klausimus. Dirvožemio granulimetrinė sudėtis yra reikšminga dirvodaros procesams, dirvožemio hidroterminiam režimui, maisto medžiagų akumuliacijai, žemės dirbimui, augalijai, miško apželdinimui ir jo eksploatacijai. Nuo jos priklauso beveik visos fizikinės ir fizikinės-mechaninės dirvožemių savybės, kaip poringumas, struktūringumas, lauko drėgmės imlumas, vandens laidumas, sugebėjimas kelti vandenį iš gilesnių sluoksnių į paviršių, šilumos ir oro režimas, taip pat agrocheminės savybės (Staugaitis, 2016).

Lengvos granulimetrinės sudėties smėlio dirvožemiams būdingas palankus šilumos ir oro režimas, jie lengvai įdirbami, bet nestruktūringi, nehumusingi ir juose mažai maisto medžiagų ir jos greitai išsiplauna. Molingiems dirvožemiams charakteringos priešingos savybės. Jie lėtai įšyla ir sunkiai įdirbami, tačiau turtingesni maisto medžiagomis (Motuzas ir kt., 1996; Mažvila ir kt., 1998).

Lengvais vadinami dirvožemiai, kurių granulimetrinėje sudėtyje vyrauja stambios mechaninių elementų frakcijos. Tokie dirvožemiai yra smėliai ir priesmėliai. Šie dirvožemiai sukaupia mažai augalų maisto medžiagų ir drėgmės. Sunkiais vadinami dirvožemiai, kurių sudėtyje vyrauja smulkios frakcijos, ypač dumblo. Tokie dirvožemiai yra sunkūs priemoliai ir moliai, kurie sukaupia ženkliai didesnius kiekius augalų maisto medžiagų ir drėgmės. Tarp sunkių ir lengvų yra vidutinio sunkumo dirvožemiai: lengvi ir vidutinio sunkumo priemoliai.

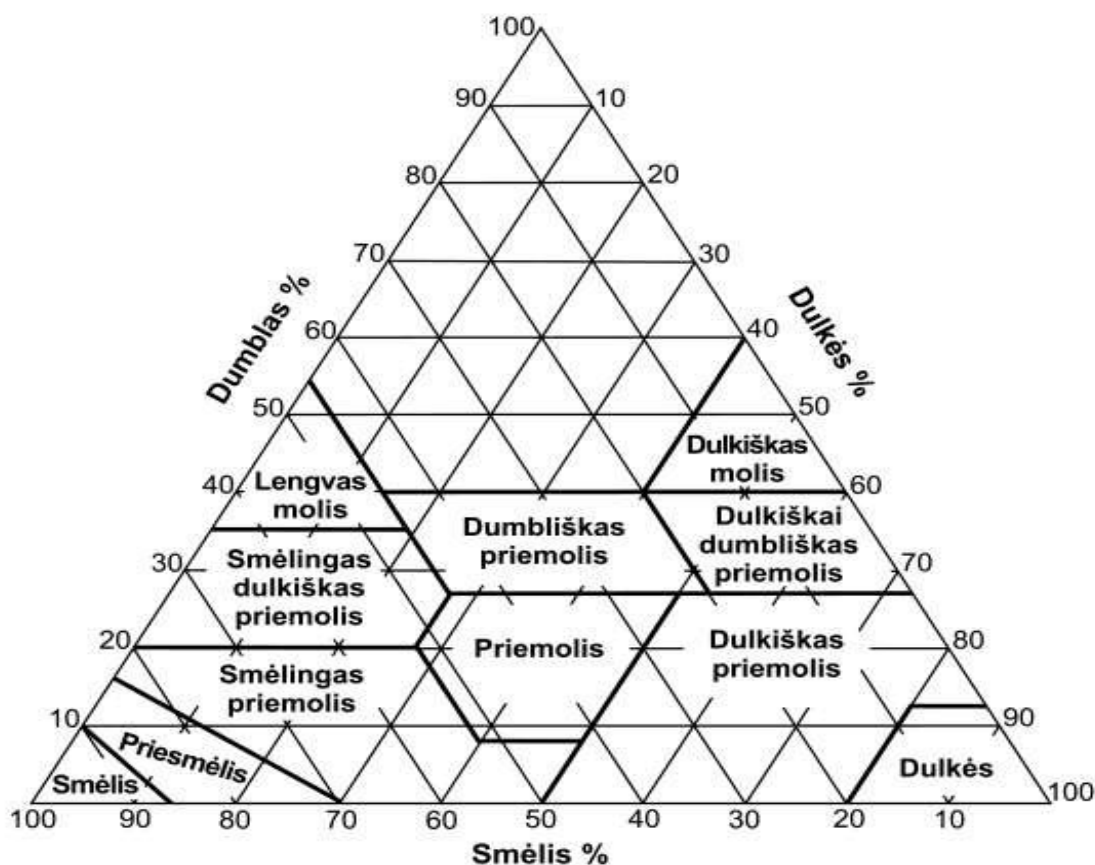
Šiuo metu Lietuvoje, kaip ir daugelyje užsienio šalių, dirvožemio granulimetrinė sudėtis neretai klasifikuojama pagal amerikiečio D. Gibso ir olando B. Rozebomo pasiūlytą lygiakraščio trikampio, gavusio Ferè vardą, metodą. Šio metodo esmė, kad dirvožemio granulimetrinės sudėties klasifikacija nustatoma pagal smėlio (2,0-0,05 mm), dulkių (0,05-0,002 mm) ir dumblo (<0,002 mm) mechaninių frakcijų santykinį kiekį.

Ši klasifikacija Lietuvoje naudojama nuo 1999 metų. Dirvožemio granulimetrinė sudėtis nustatoma pagal J. Grybausko ir J. Juodžio modifikuotą Fere trikampį, kuris pritaikytas šalies sąlygomis.

Pagal modifikuotą Fere trikampį Lietuvos dirvožemiai pagal granulimetrinę sudėtį skirstomi į 15 klasių (Lietuvos dirvožemiai, 2001): 1. Smėlis (s) (*sand*), 2. Rišlus smėlis (s1) (*loamy sand*), 3. Priesmėlis (ps) (*sandy loam*), 4. Smėlingas lengvas priemolis (sp) (*sandy loam*), 5. Smėlingas sunkus priemolis (sp2) (*sandy clay loam*), 6. Vidutinio sunkumo priemolis (p1) (*loam*), 7. Sunkus priemolis (p2) (*clay*

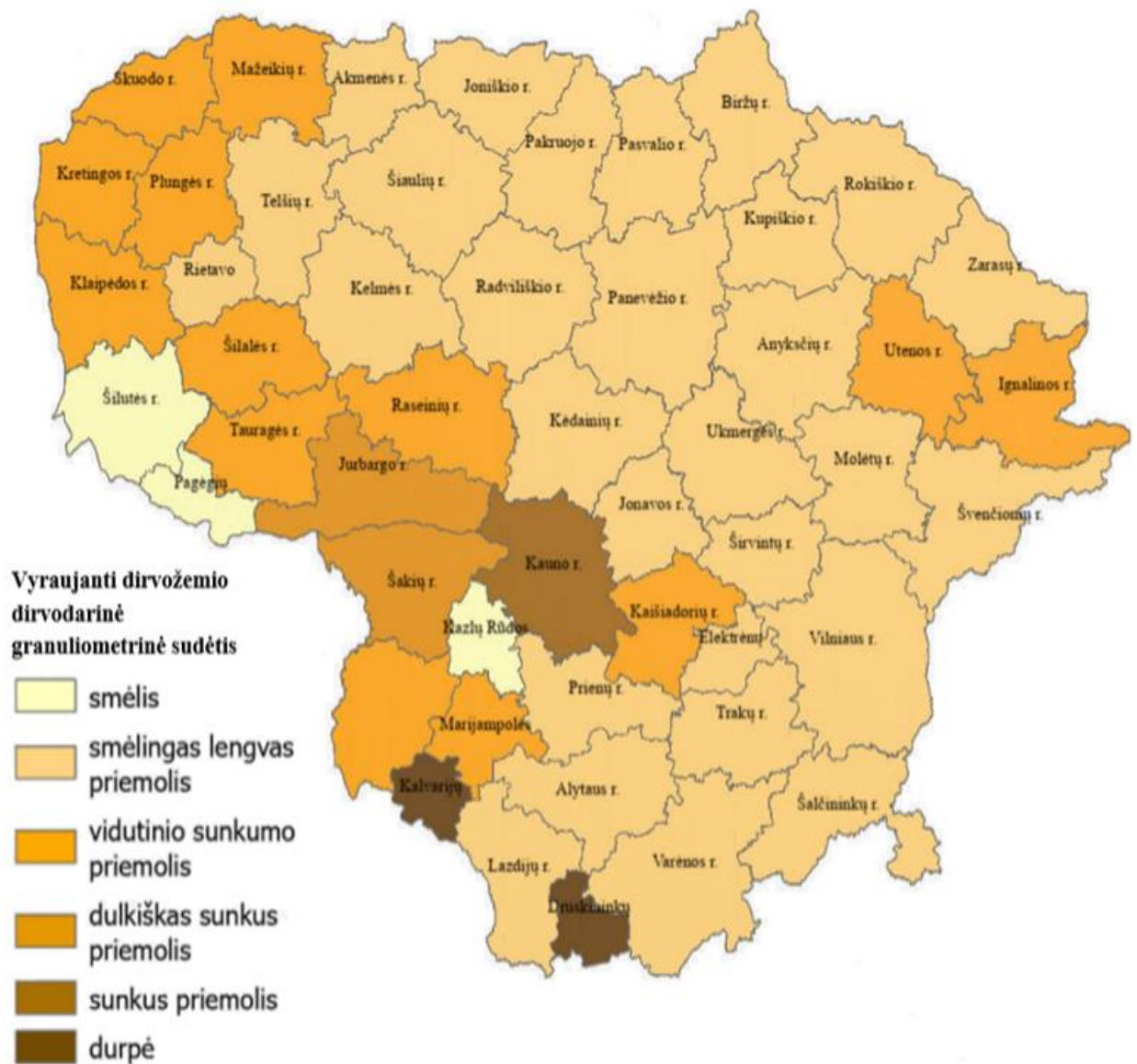
loam), 8. Dulkiškas priemolis (dps) (*silt loam*), 9. Dulkės (aleuritai) (da) (*silt*), 10. Dulkiškas lengvas priemolis (dp) (*silt loam*), 11. Dulkiškas vidutinio sunkumo priemolis (dp1) (*silt loam*), 12. Dulkiškas sunkus priemolis (dp2) (*silty clay loam*), 13. Smėlingas molis (sm) (*sandy clay*), 14. Dulkiškas molis (dm) (*silty clay*), 15. Molis (m) (*clay*) (5 pav.).

Žemės ūkio veiklai plėtoti palankesni yra vidutinio sunkumo dirvožemiai: smėlingas lengvas priemolis, priemolis, vidutinio sunkumo priemolis, dulkiškas priemolis, dulkiškas lengvas priemolis, dulkiškas vidutinio sunkumo priemolis. Smėlio ir molio dirvožemiuose dėl nepalankių fizikinių ir hidrofizikinių savybių augalininkystę plėtoti sudėtingiau.



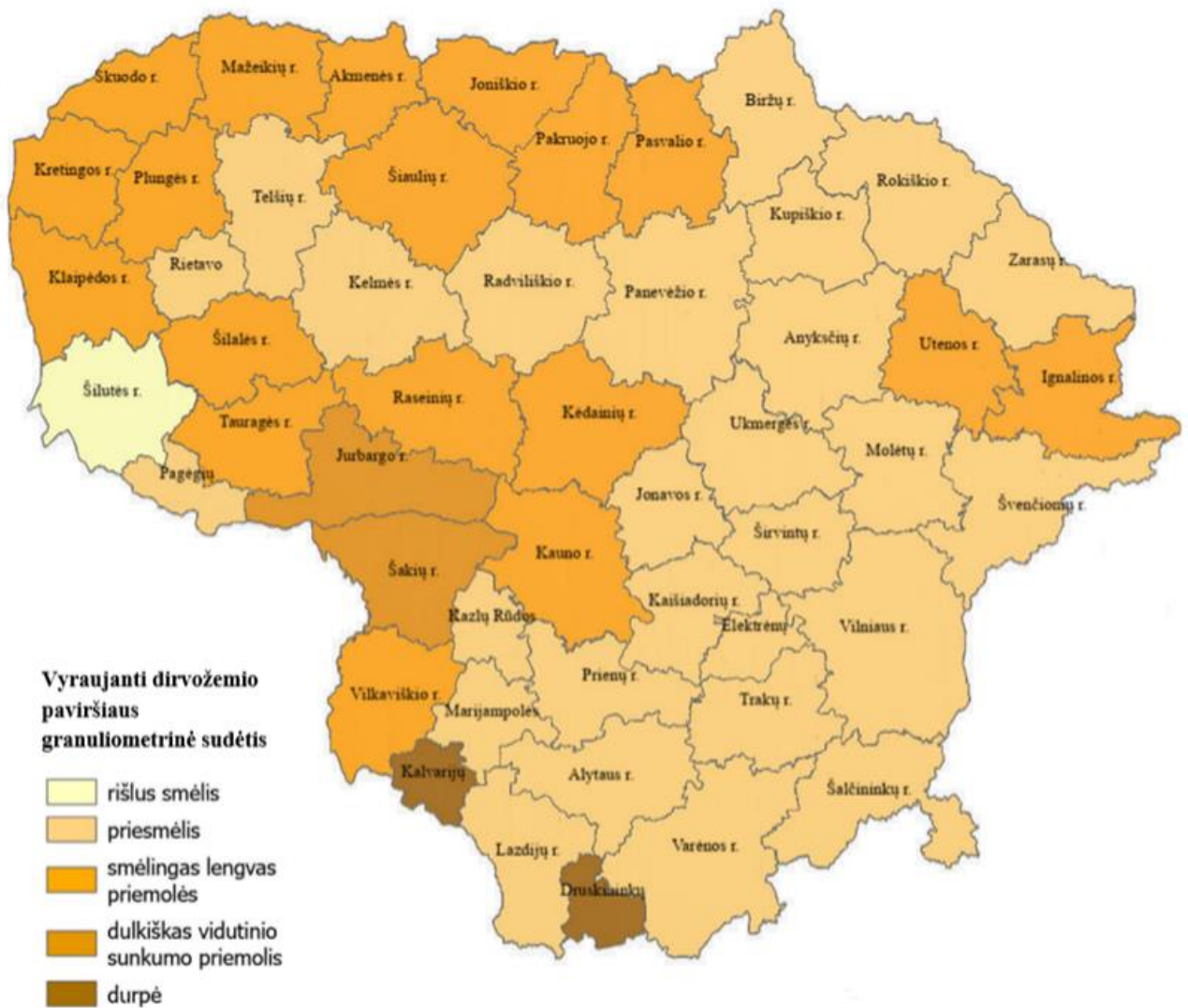
5 pav. Trikampio diagrama (Fere) dirvožemio granuliometrinei sudėčiai nustatyti

Lietuvos Respublikos teritorijoje vyrauja smėlingų lengvų priemolių dirvodarinė granuliometrinė sudėtis (6 pav.).



6 pav. Vyraujanti dirvožemio dirvodarinė granuliometrinė sudėtis Lietuvos savivaldybėse, 2023 m.

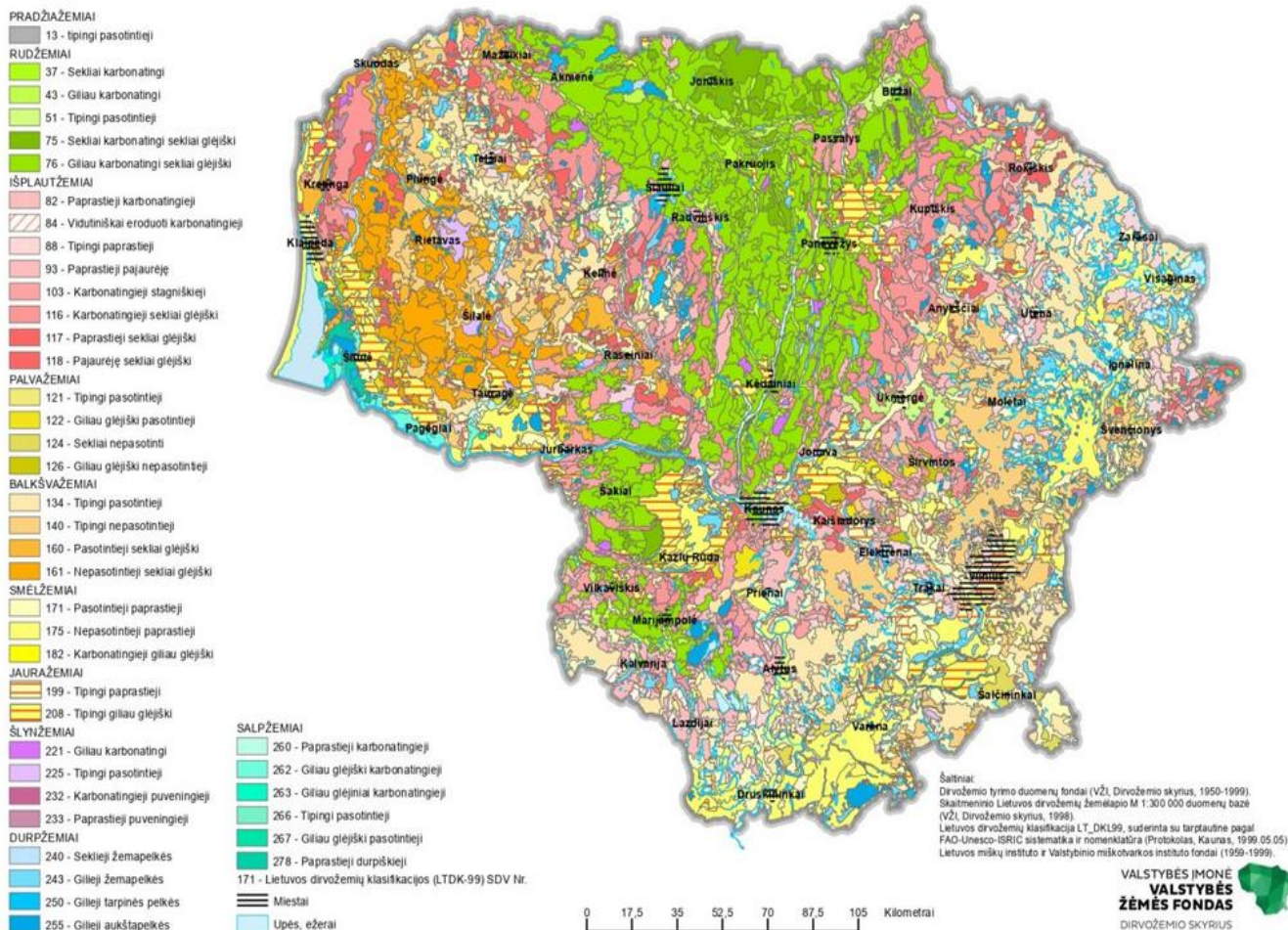
Lietuvos Respublikos teritorijoje vyrauja priemėlių paviršiaus granuliometrinė sudėtis (7 pav.). Galima pastebėti, kad paviršiuje vyrauja lengvesnės granuliometrinės sudėties dirvožemiai nei dirvodarinė uoliena.



7 pav. Vyraujanti dirvožemio paviršiaus granulimetrinė sudėtis Lietuvos savivaldybėse, 2023 m.

Lietuvos 1999 m. klasifikacijos dirvožemių grupės. 1999 m. klasifikacijos I-me lygyje skiriama 12 pagrindinių dirvožemio grupių, kurių pavadinimuose atsispindi pačios svarbiausios savybės. **Dirvožemiai su storu organiniu sluoksniu:** durpžemiai (*Histosols*); **antropogeninių veiksnių paveikti dirvožemiai:** trąšažemiai (*Anthrosols*); **dirvožemiai išsiskiriantys Al ir Fe:** šlynžemiai (*Gleysols*); jauražemiai (*Podzols*); palvažemiai (*Planosols*); stagnažemiai (*Stagnosols*); **molingą horizontą turintys dirvožemiai:** balkšvažemiai (*Retisols*); išplautžemiai (*Luvissols*); **dirvožemiai su silpnai išreikštais horizontais:** rudžemiai (*Cambisols*); salpžemiai (*Fluvisols*); smėlžemiai (*Arenosols*); pradžiažemiai (*Regosols*). 8 pav. nurodyti vyraujančios dirvožemių grupės (nurodant II lygį) ir pagrindiniai paplitę dirvožemiai Lietuvoje nurodant jų pavadinimus iki III ar IV lygio.

LIETUVOS DIRVOŽEMIŲ ŽEMĖLAPIS



8 pav. Vyraujančios dirvožemio grupės Lietuvoje

Lietuvos dirvožemio granuliometrinė sudėtis yra labai įvairi. Net ir vieno lauko skirtingose jo vietose dažnai ji būna kitokia, todėl dirvožemio granuliometrinės sudėties nustatymas kartais tampa iššūkiu. Imant dirvožemio ėminius reikia formuoti juos nemaišant skirtingos granuliometrinės sudėties, pvz. priemolio su moliu. Jeigu bus paimtas bendras ėminys iš molio ir priemolio, tyrimas tikslių rezultatų neparodys.

1.2.2. Lietuvos dirvožemių agrocheminės savybės

Dirvožemio agrocheminės savybės turi ne tik nemažos įtakos augalų derlingumui, bet ir jo kokybei. Dirvožemio pH veikia dirvožemio maisto medžiagų režimą, jo fizikines savybes, mikroorganizmų biologinę veiklą, augalų vystymąsi. Taip pat labai svarbu kiek dirvoje yra organinės medžiagos (humuso), įvairių maisto medžiagų, koks jų tarpusavio santykis.

1.2.2.1. Dirvožemio pH

Skirtinga Lietuvos dirvožemio danga, klimato sąlygos, augmenija, žmogaus ūkinė veikla ir kt. lemia nevienodą dirvos rūgštumą (pH), o jis turi įtakos maisto medžiagų įsisavinimui. Tai išryškėja Vakarų ir Rytų Lietuvos dirvožemiuose, kur vyrauja iš prigimties rūgštūs dirvožemiai pH 4,5–5,5 (4 lentelė). Šių dirvožemių susidarymą nulėmė dirvodarinė uoliena, klimatas, giliau esantis karbonatingasis sluoksnis. Rytų Lietuvoje priklausomai nuo dirvodarinės uolienos, karbonatingasis sluoksnis yra 0,8–1,4 m gylyje, ir tai labiausiai įtakoja mažesnį dirvožemio pH (Staugaitis ir kt., 2023).

4 lentelė. Dirvožemių vertinimas pagal mainų rūgštumą (pH_{KCl})

Rūgštumo grupė ir sutartinė žymėjimo spalva	pH _{KCl}	
	vertė	vertinimas
I	≤4,5	labai rūgštūs
II	4,6 – 5,0	vidutiniškai rūgštūs
III	5,1 – 5,5	mažai rūgštūs
IV	5,6 – 6,0	rūgštoki
V	≥6,1	neutraloki, artimi neutraliems ir šarmiški

Lietuvos teritorijoje dirvožemiai susidarė labai įvairios sudėties ir kilmės dirvodarinėse uolienose, ilgą laiką veikiant natūraliems dirvodaros procesams. Taip Vidurio Lietuvoje susiformavo derlingiausi rudžemiai ir karbonatingieji išplautžemiai, Vakarų ir Rytų Lietuvoje – rūgštūs išplautžemiai, bakšvažemiai ir smėlžemiai. Mūsų šalies dirvožemiai yra nuolat veikiami praplaunamojo vandens režimo, dėl šios priežasties iš dirvožemių viršutinių sluoksnių išplaunami vandenyje lengvai tirpstantys cheminiai elementai, kaip kalcis, magnis, geležies oksidai ir kt. (Staugaitis ir kt., 2023).

Dirvožemių rūgštėjimas – gamtoje natūraliai nuolat vykstantis dirvodaros procesas, kurį skatina abiotiniai ir antropogeniniai veiksniai: rūgštūs krituliai, žemės ūkyje naudojama agrotechnika, tręšimas fiziologiškai rūgščiomis mineralinėmis trąšomis, intensyvus pesticidų naudojimas, maistinių elementų išsiplovimas bei išnešimas iš dirvožemio su augalų derliumi. Dėl minėtų veiksnių ariamasis sluoksnis kasmet gali netekti 120–300 kg ha⁻¹ kalcio. Jau šiuo metu Vakarų ir Rytų Lietuvoje susiduriama su problema, kai vien gausiu tręšimu NPK trąšomis gerų derlių gauti nepavyksta. To priežastis, jautrių dirvožemio rūgštumui augalų auginimas rūgštėjančiuose dirvožemiuose. Vakarų Lietuvoje į daugiametės žolės įsėti dobilai per 2-3 metus žūsta dėl rūgštaus dirvožemio (pH<5,0) ir tikėtina jau atsiradusio augalams kenksmingo judriojo aliuminio. Tokiu atveju tinkamiausia agrotechnikos priemone tampa kalkinimas. Daugelyje rūgščių plotų dar pasiteisintų palaikomasis kalkinimas 2–4 t ha⁻¹ gryno CaCO₃ kas 2-3 metus (Staugaitis ir kt., 2023).

Rūgštūs dirvožemiai turi daugybę savybių neigiamai veikiančių augalus. Rūgščiuose dirvožemiuose būna ne tik daug vandenilio jonų, bet ir augalams kenksmingo judriojo aliuminio bei mažai labai augalams reikalingų kalcio ir magnio. Tokiuose dirvožemiuose augalai blogai pasisavina azotą, fosforą, kalį, kalcį, magnį ir molibdeną. Rūgščiuose dirvožemiuose auginami augalai sukaupia mažiau baltymų, o žolynų rūšinė sudėtis būna prastesnė, nes išretėja arba visai sunyksta pupinės žolės, augaluose kaupiasi daugiau sunkiųjų metalų (Staugaitis ir kt., 2021).

Dirvožemio rūgštumui labai jautrūs yra kviečiai, cukriniai runkeliai, linai, dobilai, liucernos, gūžiniai ir žiediniai kopūstai, pupos bei žirniai. Šiems augalams dirvožemio pH_{KCl} turi būti ne mažesnis kaip 6,1–6,5. Mažiau jautrūs yra kukurūzai, miežiai, daugelis miglinių žolių arba jų mišinių, daržovės – pomidorai, agurkai, morkos, burokėliai ir svogūnai. Jiems pH_{KCl} turi būti ne mažesnis kaip 5,6–6,0. Tuo tarpu bulvės, rugiai, lubinai, avižos, ropės gerai auga ir silpnai rūgščiuose dirvožemiuose, kurių pH_{KCl} ne mažesnis kaip 5,1–5,5 (Staugaitis ir kt., 2021).

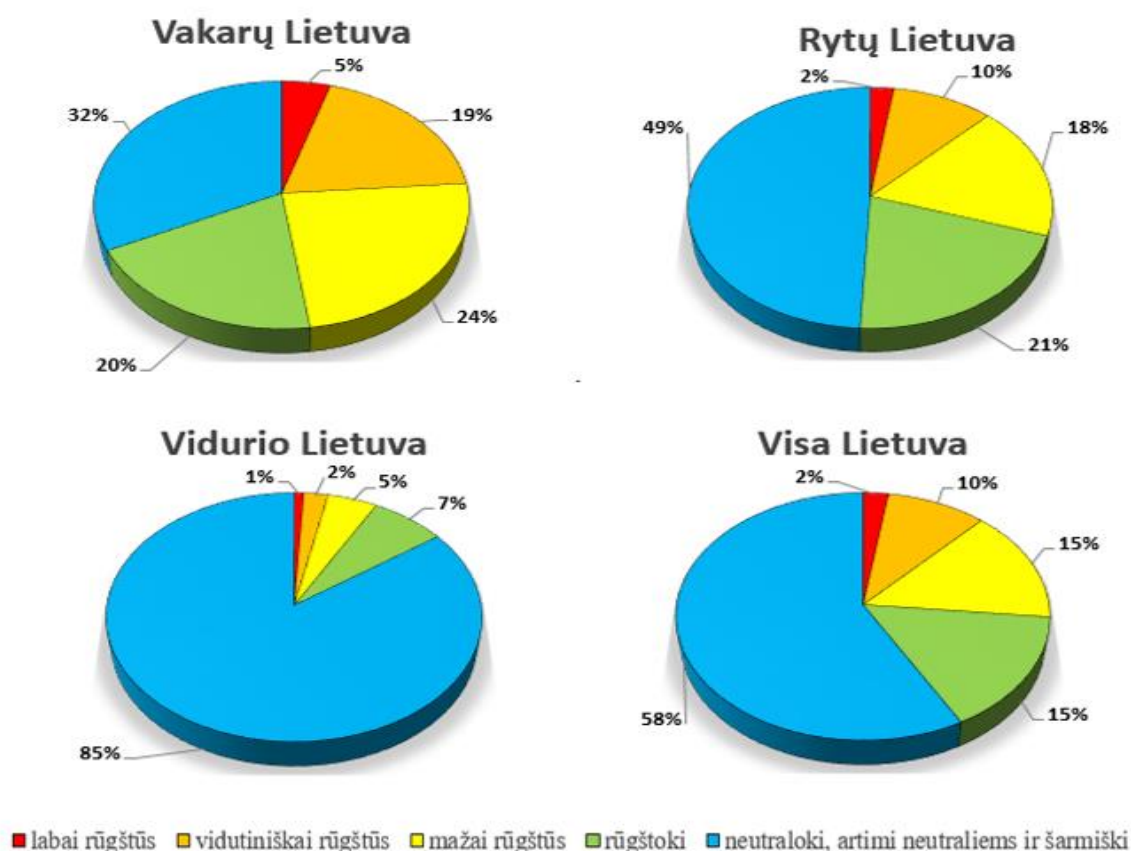
Prieš intensyvų kalkinimą (1963–1966 m.) šalyje buvo 40,7 proc. sąlygiškai rūgščių (pH 5,5 ir mažiau), iš jų 11,9 proc. – labai rūgščių (pH 4,5 ir <), 15,8 proc. – vidutinio rūgštumo (pH 4,6–5,0) ir 13,0 proc. – mažo rūgštumo (pH 5,1–5,5) dirvožemių. Tuo laiku Vakarų Lietuvoje sąlygiškai rūgščios dirvos sudarė apie du trečdalius, o labai rūgščių ir vidutinio rūgštumo dirvožemių buvo beveik pusė, Rytų Lietuvoje sąlygiškai rūgščių dirvų buvo 51,9 proc. Reiklų dirvos pH augalų derlius buvo labai menkas. Intensyvaus (kasmet po 160–200 tūkst. ha) ir ilgalaikio (1965–1990 m.) kalkinimo dėka sąlygiškai rūgščių dirvožemių plotą (1985–1993 m. tyrimo duomenys), pavyko sumažinti iki 18,6, iš jų labai rūgščių – iki 1,5, vidutinio rūgštumo – iki 10,1 proc.. Nuo 1997 m. praktiškai dirvų nebekalkinant, jos rūgštėja. Labiausiai rūgštėja Vakarų Lietuvos dirvožemiai. 1995–2007 m. tyrimo duomenimis, sąlygiškai rūgščių dirvožemių čia vidutiniškai padaugėjo 8,5 proc., rūgštokų (pH 5,6–6,0) – 3,3 proc., o neutralokų (pH 6,1–6,5) sumažėjo 15,0 proc.. Atskiruose šios zonos rajonuose dirvožemiai parūgštėto dar daugiau: Plungės r. – 29,9 proc., Šilalės r. – 16,4 proc. Tauragės rajone – 10,6 proc.. Rytų ir Vidurio Lietuvoje dirvožemiai rūgštėja gerokai mažiau. Tai susiję su tuo, kad čia, palyginti su Vakarų Lietuvos dirvožemiais, karbonatingas dirvožemio sluoksnis yra aukščiau, mažiau rūgštesnis podirvis ir, kad po ankstesnio 1986–1990m. tyrimo, ypač Rytų Lietuvoje, kuris buvo atliktas, palyginti, senai, dar buvo kalkinama ir dėl to rūgščių dirvų plotai kai kur net mažėjo (Tripolskaja ir kt., 2010).

2015 m. LAMMC Žemdirbystės instituto Agrocheminių tyrimų laboratorija atliko dirvožemio agrocheminių savybių stebėjimo tyrimus Kauno, Pakruojo, Utenos, Lazdijų ir Raseinių rajonų kadastrinėse vietovėse. Remiantis gautais duomenimis dirvožemių būklė nėra labai bloga. Tirtose kadastrinėse vietovėse (40482,9 ha) sąlygiškai rūgštūs dirvožemiai sudaro 11,0 proc. (4468,2 ha), iš jų:

labai rūgštūs – 0,7 proc., vidutiniškai rūgštūs – 3,0 proc. ir mažai rūgštūs – 7,3 proc. Rūgštokų (pH 5,6–6,0) plotų, kurie artimiausiu metu gali papildyti sąlygiškai rūgščių grupę, rasta dešimtadalis (10,0 proc.). Didesni plotai rūgštokų dirvožemių nustatyti Utenos (22,6 proc.), Raseinių (16,1 proc.) ir Lazdijų (12,5 proc.) rajonuose. Kauno rajone minėti dirvožemiai sudarė 4,5 proc., o Pakruojo rajone – jų nerasta (Staugaitis ir kt., 2016).

2015 m., kaip ir prieš dešimtmetį, rūgščiausi yra Utenos ir Raseinių rajonų tirtų kadastrinių vietovių dirvožemiai, kur sąlygiškai rūgštūs plotai sudaro kiek daugiau nei penktadalį (atitinkamai 22,4 ir 21,1 proc.) tirtos teritorijos, iš jų: labai rūgštūs – atitinkamai 0,7 ir 1,9 proc., vidutiniškai rūgštūs – 4,9 ir 6,3 proc. ir mažai rūgštūs – 16,8 ir 12,9 proc.. Lazdijų rajone sąlygiškai rūgščios dirvos užima 13,7 proc., Kauno – 3,7 proc. tirtu ploto, o Pakruojuje šių dirvožemių nenustatyta (Staugaitis ir kt., 2016).

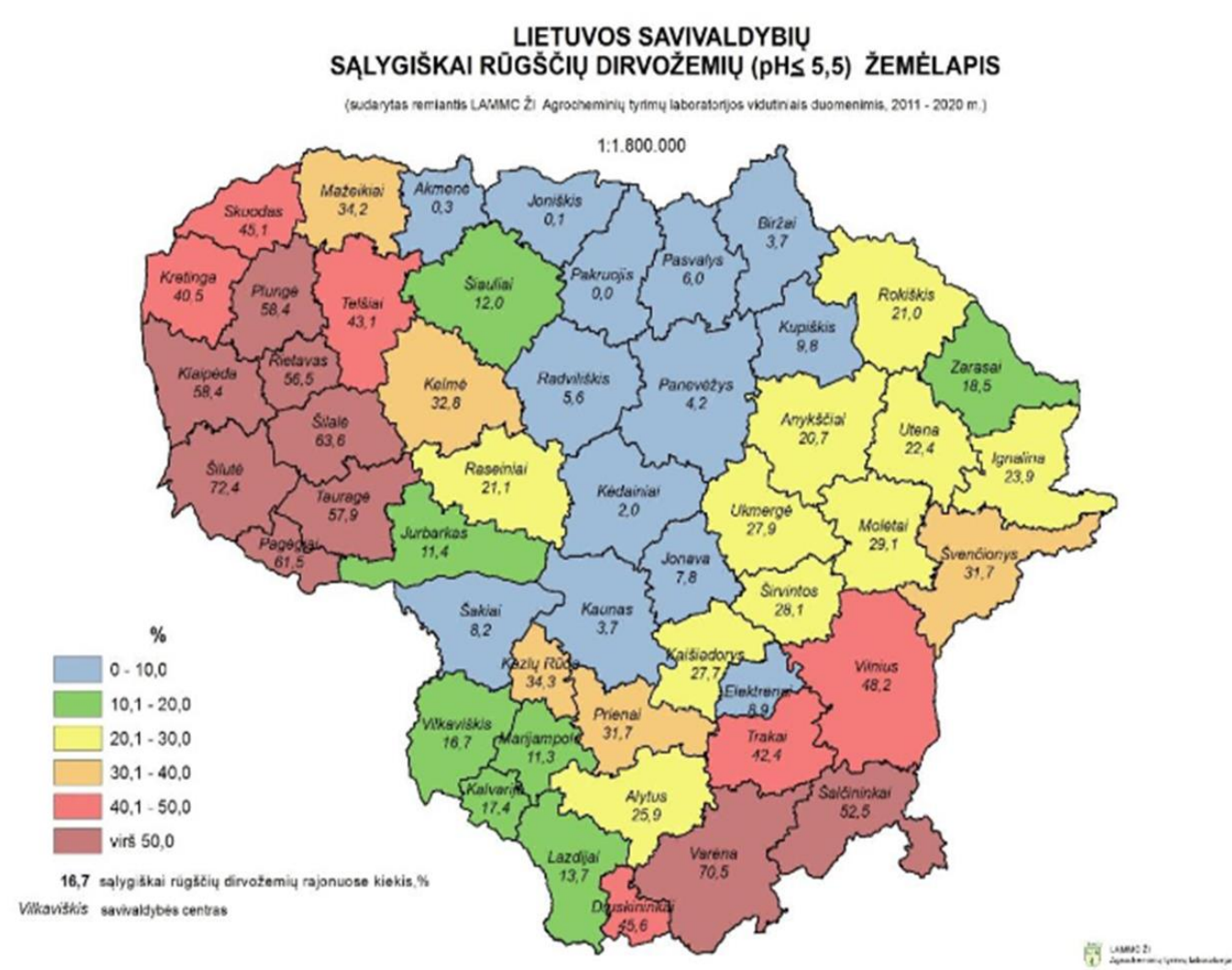
Šalyje vykdyti dirvožemio stebėsenos tyrimai rodo, kad Lietuvoje šiuo metu yra 26,6 proc. sąlygiškai rūgščių dirvožemių, kurių pH_{KCl} neviršija 5,5 (9 pav.).



9 pav. Žemės ūkio naudmenose pH_{KCl} pasiskirstymas pagal rūgštingumo grupes proc., 2020 m. sausio 1 d. (Staugaitis ir kt., 2021).

Be to, net 42,0 proc. dirvožemių pH yra mažesnis nei 6,1, t. y. mažiau už optimalų. Ypatingai daug sąlygiškai rūgščių (pH ≤ 5,5) dirvožemių yra Vakarų ir Rytų Lietuvoje – atitinkamai 47,8 ir 30,2 proc. Minėtų dirvožemių daugiausiai yra Varėnos – 70,5 proc., Šilutės – 72,4 proc., Šilalės – 63,6 proc., Pagėgių – 61,5 proc., Plungės ir Klaipėdos – po 58,4 proc., Tauragės – 57,9 proc., Rietavo – 56,5 proc., Šalčininkų – 52,5 proc., Vilniaus – 48,2 proc., Druskininkų – 45,6 proc., Skuodo – 45,1 proc., Telšių – 43,1 proc., Trakų – 42,4 proc. ir Kretingos – 40,5 proc. savivaldybėse.

Šalyje vykdyti dirvožemio stebėsenos tyrimai rodo, kad Lietuvoje šiuo metu yra 26,6 proc. sąlygiškai rūgščių dirvožemių, kurių pH_{KCl} neviršija 5,5 (10 pav.). Be to, net 42,0 proc. dirvožemių pH yra mažesnis nei 6,1, t. y. mažiau už optimalų. Ypatingai daug sąlygiškai rūgščių (pH ≤ 5,5) dirvožemių yra Vakarų ir Rytų Lietuvoje – atitinkamai 47,8 ir 30,2 proc. (10 pav.).



10 pav. Sąlygiškai rūgščių (pH ≤ 5,5) dirvožemių pasiskirstymas žemės ūkio naudmenose, LAMMC ŽI Agrocheminių tyrimų laboratorija, 2011–2020 m. (Staugaitis ir kt., 2021).

Minėtų dirvožemių daugiausiai yra Varėnos – 70,5 proc., Šilutės – 72,4 proc., Šilalės – 63,6 proc., Pagėgių – 61,5 proc., Plungės ir Klaipėdos – po 58,4 proc., Tauragės – 57,9 proc., Rietavo – 56,5 proc., Šalčininkų – 52,5 proc., Vilniaus – 48,2 proc., Druskininkų – 45,6 proc., Skuodo – 45,1 proc., Telšių – 43,1 proc., Trakų – 42,4 proc. ir Kretingos – 40,5 proc. savivaldybėse.

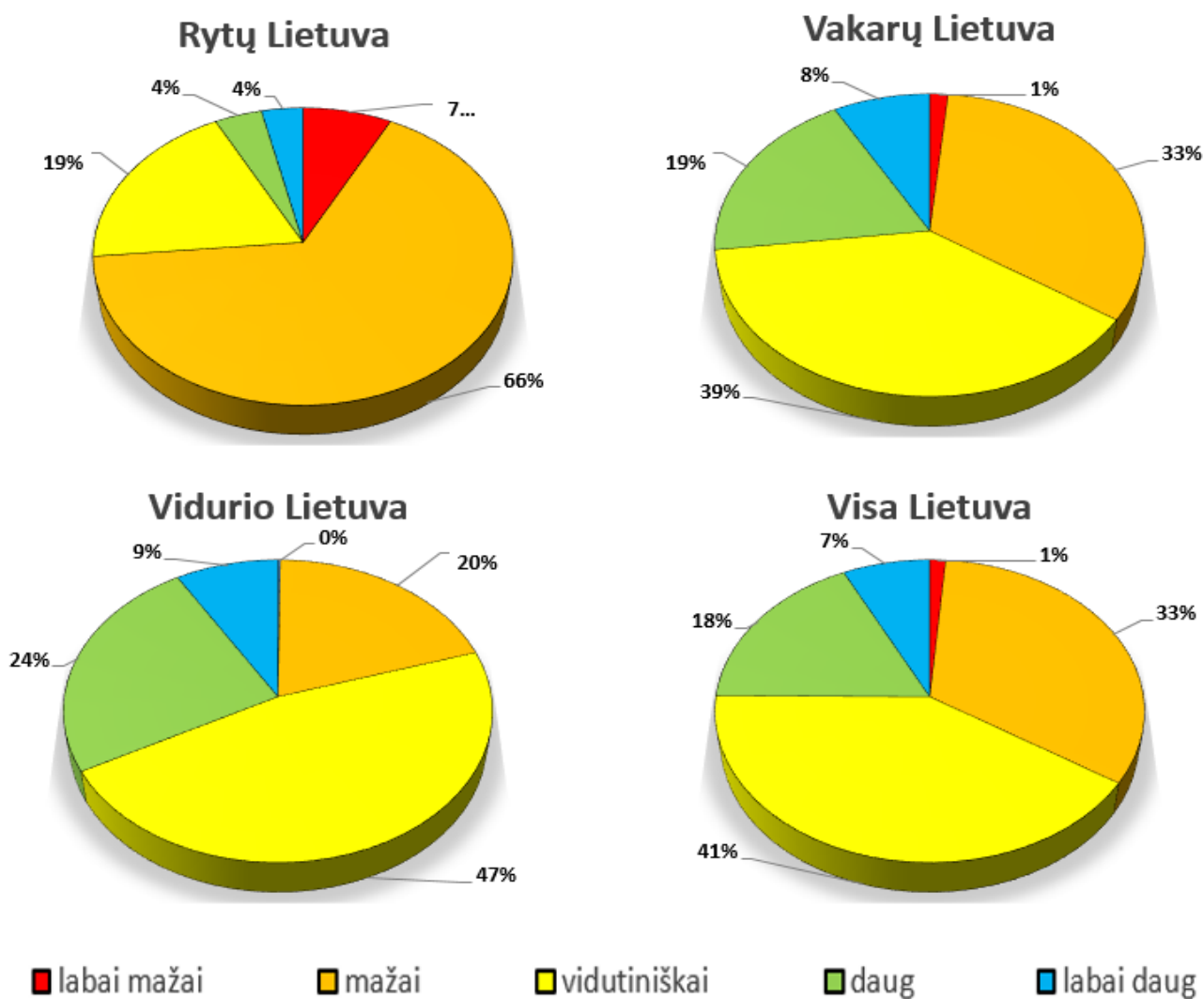
1.2.2.2. Organinė anglis/humusas

Mineraliniame dirvožemyje kartu su mineralų dalelėmis – smėliu, dumbliu, moliu – yra įsimaišiusios ir organinės medžiagos. Tai suirusios ir nesuirusios augalinės medžiagos, dirvožemio faunos liekanos. Ši suirusi tamsi organinių medžiagų masė, kurioje jau nebegalima išskirti augalinių liekanų, Lietuvoje ir užsienyje yra vadinama humusu. Tai vienas svarbiausių dirvožemio organinės dalies komponentų, kuriame dėl mikroorganizmų įtakos vyksta organinių medžiagų skaidymasis ir atsipalaiduoja augalams reikalingos maisto medžiagos. Agronominiu atžvilgiu itin svarbu dirvožemyje palaikyti humuso kiekį ir gerą sudėtį, nes tai gerina naudojamų trąšų efektyvumą, didina įvairių žemės ūkio augalų derlingumą ir mažina derliaus pokyčius esant nepalankioms meteorologinėms sąlygoms. Pastaruoju metu humuso terminas tapatinamas su dirvožemio organine anglimi (trumpinys C_{org}), nes ji sudaro humuso pagrindą. Lietuvoje vienose laboratorijose dirvožemyje nustatoma humuso, kitose – organinės anglies koncentracija, todėl būtina turėti jų perskaičiavimo koeficientus. Kai dirvožemyje nustatoma humuso koncentracija, organinės anglies kiekis gaunamas padauginus iš vidutinio koeficiento 0,579, jei organinė anglis – humuso koncentracija gaunama padauginus iš koeficiento 1,724. Tačiau tai tik vidutinės teorinės reikšmės, nes praktikoje šie koeficientai gali svyruoti iki 15 proc. (Staugaitis ir kt., 2022).

Pagrindinė dirvožemio savybė – derlingumas. Jis pirmiausiai priklauso nuo organinių medžiagų (organinės anglies) kiekio dirvožemyje. Organinė anglis, kaip žemės ir miškų ūkio tvarios plėtros viena pagrindinių dirvožemio išsaugojimo bei pagerinimo priemonių, akcentuota ir Europos Parlamento dirvožemių apsaugos ir gerinimo direktyvoje 2004/35/EC. Duomenų apie organinės anglies sandaugas Lietuvos dirvožemiuose bei jų pokyčius nėra daug. Naudinga medžiaga apie organinės anglies atsargas Lietuvos dirvožemiuose pateikta Europos geocheminiame atlase (*Geochemical Atlas of Europe*). Pateikti duomenys atspindi viršutinį (0–20 cm) sluoksnį. Nustatyta, kad pagal organinės anglies atsargas Lietuvos dirvožemiai yra labai skirtingi: mažiausi jos kiekiai (0,51–0,98 proc.) yra Rytų ir Pietryčių Lietuvos, o didžiausi – Vidurio ir Vakarų Lietuvos dirvožemiuose (2,32–2,56 proc.). Tokį organinės anglies pasiskirstymą šalies klimato sąlygomis galima paaiškinti skirtinga kiekvienos vietovės dirvožemio

danga, pasižyminčia dar ir granulimetrinės sudėties, įmirkimo ir sukultūrinimo laipsnio įvairove (Geochemical Atlas of Europe, 2005).

Duomenys pateikti geocheminiame atlase atitinka daugiamečius dirvožemių humusingumo stebėsenos duomenis: mažiausiai (0,5–1,5 proc.) humuso yra sausuose smėlių, daugiausia (> 4 proc.) – sunkesnės granulimetrinės sudėties įmirkusiuose dirvožemiuose. Glėjiškuose dirvožemiuose humuso dažniausiai yra apie 2–4 proc., jo mažiau – tų pačių sistematinių vienetų granulimetrinės sudėties automorfiniuose dirvožemiuose (Mažvila, 2011). LAMMC ATL atliktais šalies ūkiuose, bandymų plotuose ir pastarųjų metų humuso tyrimų apibendrintais duomenimis, šalyje vyrauja mažo ir vidutinio humusingumo dirvožemiai (11 pav.).



11 pav. Humuso pasiskirstymas pagal vertinimo grupes proc. žemės ūkio naudmenose (Mažvila, 2011; Staugaitis, Vaišvila, 2019)

Lietuvos vakarinėje dalyje pagal kilmę ir granulimetrinę sudėtį panašių dirvožemių humusingumas dažnai yra didesnis, palyginti su Baltijos aukštumų dirvožemiais, tačiau juose yra kiek daugiau nesuirusios organinės medžiagos, o pats humusas kiek prastesnės kokybės. Nemažai ir ženkliai geresnės kokybės humuso yra Vidurio Lietuvos dirvožemiuose. Mažiausiu humuso kiekiu pasižymi lengvesnės granulimetrinės sudėties Rytų Lietuvos žemės ūkio naudmenos (Mažvila, 2011).

Kasmet mineraliniuose dirvožemiuose, kuriuose auginami žemės ūkio pasėliai, dėl netvarios ūkininkavimo praktikos Europos Sąjungos šalyse per metus prarandama apie 7,4 mln. tonų anglies (Carbon farming..., 2022). Todėl natūralu, kad žemės ūkis siejamas su dirvožemio būklės prastėjimu, ir vis daugiau dėmesio skiriama dirvožemio ilgalaikio derlingumo išsaugojimui. Europos aplinkos agentūros duomenys rodo, kad apie 60–70 proc. Europos Sąjungos šalių dirvožemių būklė nėra gera (2030 m. ES..., 2021). Taigi, Corg yra svarbiausias dirvožemio biologinės įvairovės, jo geros būklės ir kokybės, derlingumo bei ekologinio stabilumo rodiklis. Anglies akumuliacija dirvožemyje ilgą laiką formose ne tik palaiko ir didina organinės medžiagos kiekį, bet yra perspektyvus būdas reguliuoti ir švelninti klimato kaitą. Net ir nedideli dirvožemio organinės medžiagos kiekio pokyčiai turi įtakos ekologiškai pusiausvyrai, globaliai anglies bei anglies dioksido koncentracijai atmosferoje, lemia dirvožemio degradaciją (Staugaitis ir kt., 2022).

Organinės anglies, arba humuso, svarba dirvožemyje:

- gerina dirvožemių struktūrą, todėl jie būna mažiau supuolę, laidesni vandeniui ir orui, o jų struktūriniai trupinėliai yra atsparesni ardymui;
- dirvožemiai su didesniu Corg kiekiu sukaupia daugiau drėgmės, o tai labai svarbu lengvos granulimetrinės sudėties dirvožemiams. Be to, po liūčių vanduo geriau susigeria ir būna mažesnis paviršinio vandens nuotėkis bei užmirkimas;
- organinė medžiaga geriau laiko šilumą, joje būna daugiau augalams reikalingų mitybos elementų, ypač azoto, fosforo, kalcio, sieros ir mikroelementų;
- turi didesnį kiekį mikroorganizmų, todėl intensyviau vyksta nesuirusių organinių medžiagų skaidymas, o jų sudėtinė dalis huminės rūgštys yra puikus augalų augimo stimulatorius;
- mažiau išplaunama augalų lengvai įsisavinamų mitybos elementų, patiriami mažesni jų nuostoliai;
- tokie dirvožemiai geriau sorbuoja į juos patekusius įvairius teršalus – sunkiuosius metalus, pesticidus, radionuklidus, todėl jų mažiau kaupiasi augaluose;

- mažiau C_{org} ir daugiau molio dalelių turintys dirvožemiai po intensyvaus lietaus labiau linkę paviršiuje sudaryti plutą.

Organinės anglies kaupimasis dirvožemyje ir jos atsargų išsaugojimas yra itin aktuali šių dienų problema. Kai dirvožemio būklė gera ir stabili, jis yra vienas didžiausių sausumos anglies kaupiklių planetoje, todėl labai svarbu jos neišeikvoti, nes C_{org} kiekis yra dirvožemio biologinės įvairovės, geros būklės ir ilgalaikio derlingumo pagrindas. Organinė anglis kaupiasi labai lėtai, net ir taikant jos koncentraciją didinančias agrotechnikos priemones – sėjomainas, tarpinius augalus, organines trąšas ir kt. Organinės anglies koncentracijos padidėjimas dirvožemyje dirbamuose laukuose pastebimas po 7–10 metų, o dirbamą žemę užsodinus mišku – tik po 30 metų (Staugaitis ir kt., 2022).

Šalies dirvožemių danga yra labai marga, todėl C_{org} koncentracija dirvožemyje gali reikšmingai skirtis. Tai lemia dirvožemio granulimetrinė sudėtis, lauko sukultūrinimas, užmirkimas, erozijos poveikis, tręšimas organinėmis trąšomis ir taikoma agrotechnika. Lengvos granulimetrinės sudėties mineralinių dirvožemių (smėlių) ariamajame sluoksnyje C_{org} yra mažiausiai – nuo 0,3 iki 1,5 proc., ir ši koncentracija viršijama retai. Juose yra daugiau oro, o tai spartina organinių medžiagų mineralizaciją. Todėl smėliuose, net ir intensyviai tręšiant organinėmis trąšomis arba dirvožemio gerinimo medžiagomis, sunku labiau padidinti C_{org} koncentraciją. Sunkesnės granulimetrinės sudėties dirvožemiuose priesmėliuose, o ypač priemoliuose bei moliuose, C_{org} koncentracija yra didesnė – dažniausiai 1,2–2,2 proc. Taigi, taikomos nevienodos C_{org} vertinimo skalės lengvos (smėliams) ir sunkesnės (priesmėliams, priemoliams ir moliams) granulimetrinės sudėties dirvožemiams.

5 lentelėje pateiktas C_{org} vertinimas taikomas skaičiuojant žemės našumo balą, taip pat vertinant jos koncentraciją mineraliniuose dirvožemiuose, kai ji neviršija 4 proc.. Tačiau durpžemiuose ir daug organinės medžiagos turinčiuose šlynžemiuose, trąšažemiuose ir kituose dirvožemiuose, kuriuose C_{org} yra gerokai daugiau, C_{org} kiekio negalima vertinti naudojantis ta pačia skale, pritaikyta mineraliniams dirvožemiams.

5 lentelė. Humuso koncentracijos vertinimas mineraliniuose dirvožemiuose

Vertinimo grupė ir sutartinė žymėjimo spalva	Humuso proc.		
	smėliuose	priesmėliuose, priemoliuose, moliuose	Vertinimas
I	< 0,5	< 1,0	labai mažai
II	0,6 – 1,5	1,0 – 2,0	mažai
III	1,6 – 2,5	2,1 – 3,0	vidutiniškai
IV	2,6 – 3,5	3,1 – 4,0	daug
V	>3,5	>4,0	labai daug

6 lentelėje pateikta platesnė C_{org} vertinimo mineraliniuose ir organiniuose dirvožemiuose skalė. Jei humuso kiekis yra virš 20 proc., tada vertinama tik anglies kiekis. Tačiau didesnė koncentracija ne visais atvejais didins augalų derlių, nes užmirkusiuose plotuose tam gali trukdyti dirvožemyje esantis drėgmės perteklius.

6 lentelė. Humuso ir organinės anglies (C_{org}) koncentracijos dirvožemio viršutiniame sluoksnyje vertinimas mineraliniuose ir organiniuose dirvožemiuose (Staugaitis ir kt., 2022)

Vertinimo grupė ir sutartinė žymėjimo spalva	Humusas proc.	C_{org} proc.	Vertinimas
I	$\leq 1,0$	$\leq 0,60$	labai maža
II	1,1 – 2,0	0,61 – 1,20	maža
III	2,1 – 3,0	1,21 – 1,80	vidutiniška
IV	3,1 – 4,0	1,81 – 2,40	didelė
V	4,1 – 7,0	2,41 – 4,10	labai didelė
VI	7,1 – 10,0	4,11 – 5,80	ypatingai didelė
VII	10,1 – 20,0	5,81 – 12,00	puvenos
VIII	*	12,01 – 18,00	puvenos/durpės
IX	*	$>18,00$	durpės

Gerai nusausintuose buvusiuose užmirkusiuose ir šlapiuose dirvožemiuose C_{org} yra daug, didesnis ir augalų produktyvumas. Mažiausiai C_{org} yra plotuose, kurių dirvožemio viršutinis sluoksnis nuardytas erozijos. Laukų žemesnėse vietose bei užmirkusiuose dirvožemiuose humuso ir kartu C_{org} yra daugiau (7 lentelė).

7 lentelė. Humusingame (ariamajame) sluoksnyje humuso vidutinė koncentracija (proc.) įvairių tipų ir granulimetrinės sudėties mineraliniuose dirvožemiuose.

LAMMC Agrocheminių tyrimų laboratorijos archyvinė medžiaga (Staugaitis ir kt., 2015)

Granulimetrinė sudėtis	Lygumų dirvožemiai			Salpiniai dirvožemiai	Eroduoti dirvožemiai
	normalaus drėgnio	mažai įmirkę	labai įmirkę		
Rytų Lietuva					
Smėliai	1,3	1,7	2,4		1,2
Priesmėliai ir lengvi priemoliai	1,8	2,4	3,9	3,1	1,5
Sunkūs priemoliai ir moliai	2,3	2,7	6,8	5,6	1,6
Vidurio Lietuva					
Smėliai	1,5	2,1	2,7		
Priesmėliai ir lengvi priemoliai	2,1	2,7	3,7	3,0	1,9
Sunkūs priemoliai ir moliai	2,5	2,9	4,0	5,2	2,1

Vakarų Lietuva					
Smėliai	1,8	2,5	2,5	2,2	
Priesmėliai ir lengvi priemoliai	2,1	2,7	4,7	3,9	1,9
Sunkūs priemoliai ir moliai	3,0	2,8	5,6	5,6	2,1
Vidutiniškai Lietuva					
Smėliai	1,6	2,3	2,7	2,2	1,5
Priesmėliai ir lengvi priemoliai	2,0	2,5	3,9	3,3	1,7
Sunkūs priemoliai ir moliai	2,5	2,9	4,9	5,5	1,9

Tyrimų duomenys rodo, kad daugiausia humuso ir/ar Corg yra sukaupta dirvožemio humusingame (ariamajame) sluoksnyje, o podirvyje – gerokai mažiau: Corg 25–40 cm sluoksnyje būna 0,2–0,9 proc., 40–60 cm – 0,15–0,3 proc., o 80–110 cm – tik 0,05–0,15 proc. (Mažvila, 2010). Taigi, svarbu įvertinti ne tik Corg koncentraciją dirvožemio ariamajame sluoksnyje, bet ir jo storį, kuris gali būti 18–25, 30 ir net 35 cm, todėl tame pačiame plote Corg sankaupos bus nevienodos. Daugiausia Corg būna sukaupta pievų ir daugiamečių žolių plotų dirvožemio viršutiniame 0–10 cm sluoksnyje, t. y. intensyviausiai pasiskirsčiusioje augalų šaknų zonoje. Analogiški rezultatai gauti ir taikant bearimą žemės dirbimą.

1.2.2.3. Mineralinis azotas (N_{\min})

Azotas yra svarbiausias elementas augalų mitybos procese. Daugiausia azoto yra durpžemiuose, šlynžemiuose, kai kuriuose salpžemiuose, mažiau – glėjiškuose rudžemiuose, išplautžemiuose ir balkšvažemiuose, mažiausiai – eroduotuose bei mažai sukultūrintuose lengvos granuliometrinės sudėties smėlžemiuose. Organinio azoto daugiausiai (0,07–0,37 proc.) yra humusingajame horizonte. Augalų mityboje svarbus yra mineralinis azotas, kurio kiekiai per metus kinta, priklausomai nuo dirvožemio savybių, klimatinių veiksnių (temperatūros, kritulių ir įšalo), tręšimo ir naudojamos agrotechnikos.

Žemės ūkio ministerijos užsakymu, Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro Agrocheminių tyrimų laboratorija nuo 2005 m. kasmet šalyje vykdė mineralinio azoto kiekio dirvožemyje stebėseną tiek rudenį, tiek ir pavasarį. Dirvožemis pagal jo 0–60 cm sluoksniu azotingumą skirstomas į sąlygines grupes (8 lentelė).

Prieš naudojant azotines trąšas, reikalinga žinoti azoto kiekį esantį dirvožemyje, kuris per metus pastebimai kinta priklausomai nuo: augalų tręšimo organinėmis ir mineralinėmis trąšomis, klimatinių sąlygų, taikomo žemės dirbimo, auginamų augalų, dirvožemio genezės ir granuliometrinės sudėties bei dirvožemio azotingumo. N_{\min} kiekis dirvožemyje nustatomas anksti pavasarį, tuomet į jo kiekį

atsižvelgiama planuojant tręšimą azotu, ir rudenį, norint nustatyti jo kiekį, liekantį po augalų, prieš žiemą. Rudenį nustatytas didelis N_{\min} kiekis dirvožemyje iki pavasario dažnai ženkliai sumažėja, todėl saikingas tręšimas azotu bei tarpinių augalų auginimas rudens-žiemos laikotarpiu mažina nitratų išsiplovimo nuostolius.

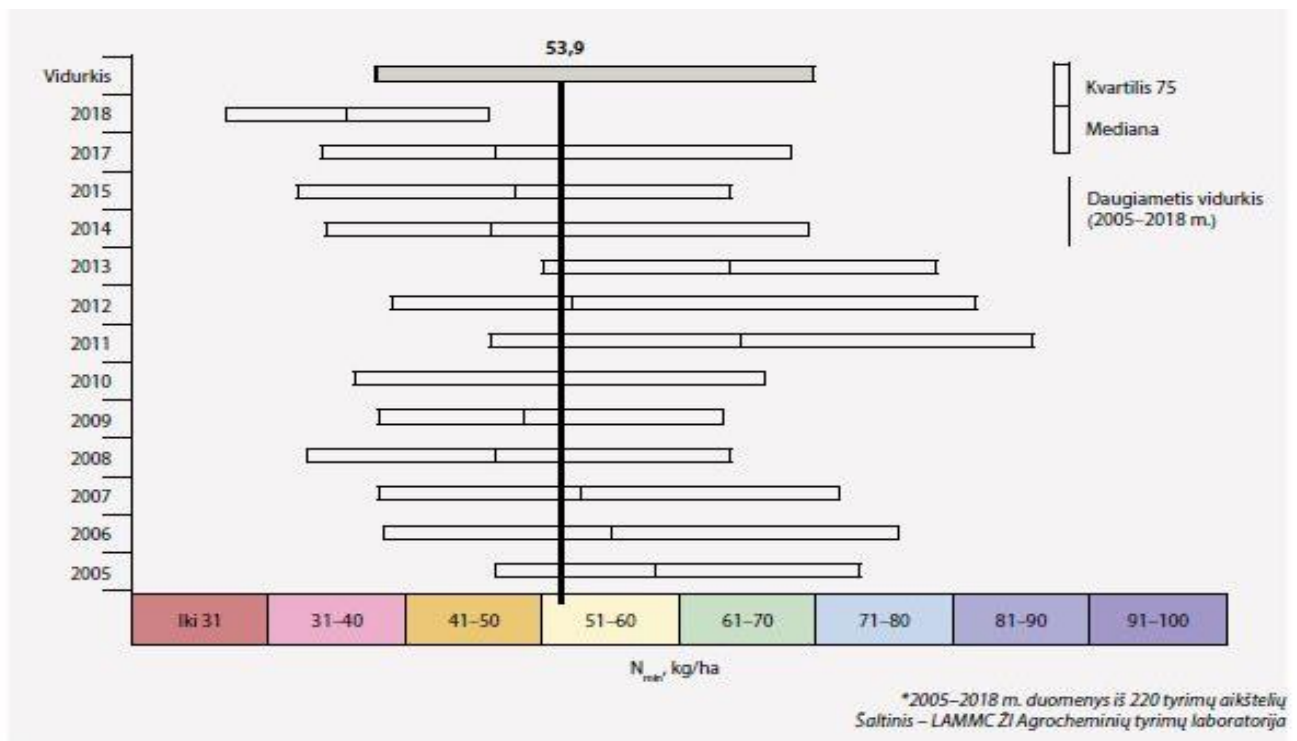
8 lentelė. Mineralinio azoto kiekio vertinimas 0-60 cm dirvožemio sluoksnyje

N_{\min} grupė ir sutartinė žymėjimo spalva	Mineralinio azoto ($N-NH_4+N-NO_3$) kiekis, $kg\ ha^{-1}$			
	smėliuose	priesmėliuose, priemoliuose, moliuose	puvenuose, organinės medžiagos turtinguose šlynžemiuose	vertinimas
I	≤ 30	≤ 35	≤ 80	labai mažai
II	31 – 60	36 – 70	81 – 130	mažai
III	61 – 90	71 – 105	131 – 180	vidutiniškai
IV	91 – 120	106 – 130	181 – 230	daug
V	> 120	> 130	> 230	labai mažai

Šaltinis – LAMMC ŽI Agrocheminių tyrimų laboratorija

Lietuvos dirvožemyje mineralinio azoto koncentracija pastovesnė ir mažiau kinta ilgesnį laiką žiemos laikotarpiu, kai dirvožemio temperatūra nepakyla aukščiau kaip $10\ ^\circ C$. Todėl mineralinio azoto atsargas geriausia yra nustatyti vėlai rudenį – spalio pabaigoje–lapkritį ir anksti pavasarį dar neįšilus dirvoms. Pavasarį, atsižvelgiant į meteorologines sąlygas, tai gali būti kovo antra pusė ar net gegužės pradžia. Vėliau, atšilus dirvoms, gegužės pabaigoje ir birželį intensyviai vyksta mineralizacija ir tuo metu laiku mineralinio azoto dirvožemyje būna daugiausia. Vasarą mineralinio azoto koncentracija gali būti 1,5–4 kartus didesnė nei anksti pavasarį, čia dar prisideda ir su trąšomis įterptas azotas. Vasaros pabaigoje mineralinio azoto dirvožemyje sumažėja, nes nemažą dalį jo sunaudoja augalai, o dalis nitratinio azoto po intensyvesnių liūčių išsiplauna į gilesnius dirvožemio sluoksnius.

Žemės ūkio naudmenose pavasarį 0–60 cm sluoksnyje N_{\min} kiekis lengvuose dirvožemiuose dažniausiai būna 35–45, sunkesniuose – 50–70 $kg\ ha^{-1}$, o visos šalies daugiamečių vidurkis (2005–2018 m.) siekė 53,9 $kg\ ha^{-1}$ (12 pav.).



12 pav. Mineralinio azoto pasiskirstymas 0–60 cm dirvožemio sluoksnyje 2005–2018 m. pavasarį (Staugaitis ir kt., 2022).

Kadangi augintojų laukuose nustatomas N_{\min} kiekis labai įvairuoja, todėl azoto trąšų normą augalams tenka didinti arba mažinti. Pasitaiko, kai pavasarį atskiruose laukuose randama 100 ir net 200 kg ha^{-1} – tuomet azoto trąšų norma ne tik mažinama, bet kartais azotu iš viso netrešiamą (Staugaitis ir kt., 2022).

Pavasarį azoto kiekis būna didesnis, jei žiema būna šaltesnė arba sausesnė, kaip pvz. galėtų būti 2004–2005 m., 2010–2011 m., 2012–2013 m. žiemos. Azoto kiekiai pavasarį nustatomi mažesni, jei rudenį lietingas, o žiema nešalta arba šalčiai pasireiškia tik trumpą laiką. Tai galima aiškiai matyti, kad 2018 m. pavasarį (po lietingų 2017 m.) azoto kiekis dirvožemio 0–60 cm buvo mažiausias per visą tyrimų laikotarpį. Labai mažo ($N_{\min} < 35,0 \text{ kg ha}^{-1}$) ir mažo ($N_{\min} 35,1–70,0 \text{ kg ha}^{-1}$) azotingumo dirvožemiai sudarė 92,7 proc. nuo tirtų ėminių. Daugiausia labai mažo ir mažo azotingumo dirvožemių nustatyta ir skirtingose šalies zonose: Rytų, Vakarų, ir Vidurio Lietuvoje atitinkamai – 98,2; 93,2 ir 89,2 proc. nuo tirtų ėminių.

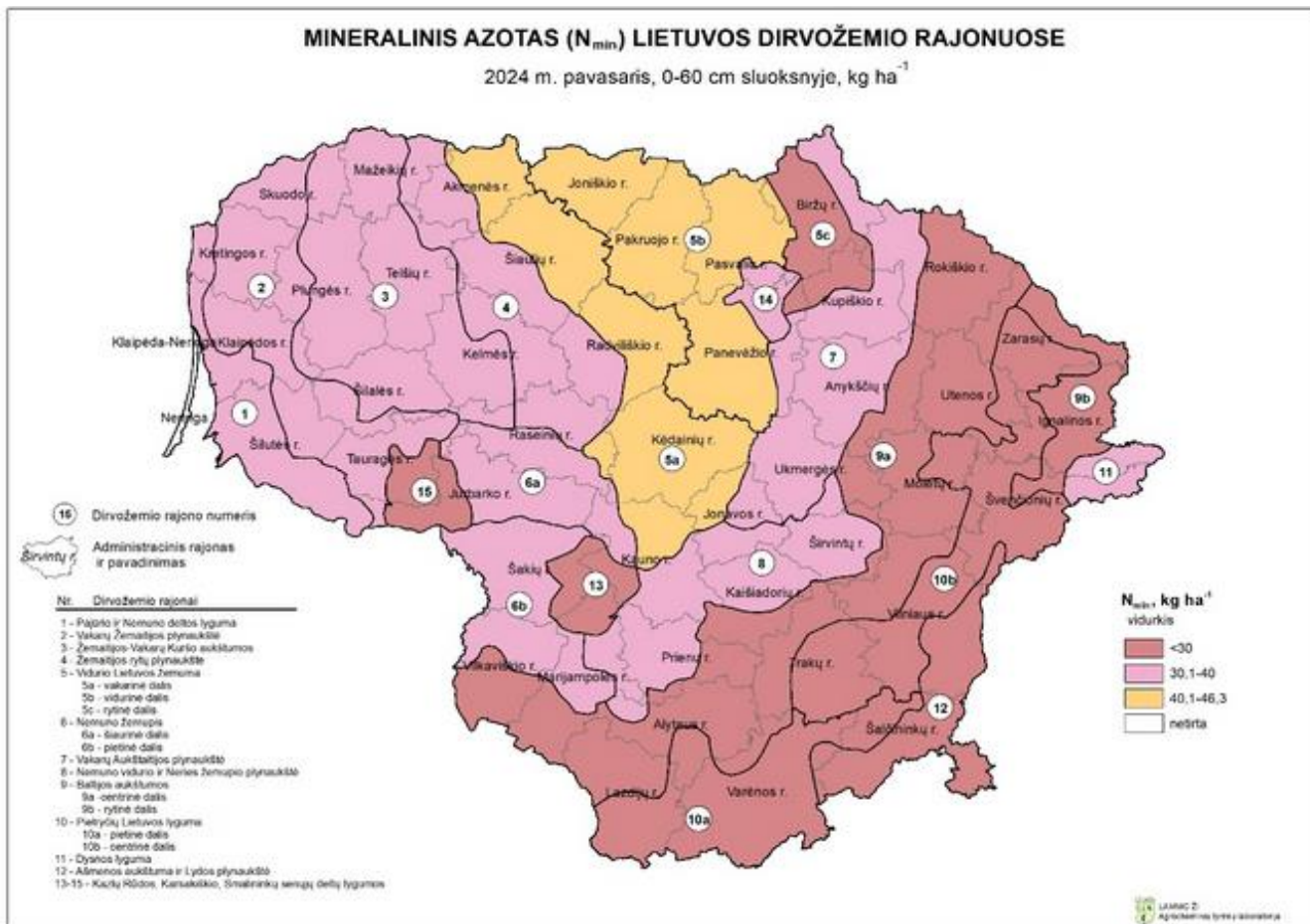
LAMMC Žemdirbystės instituto Agrocheminių tyrimų laboratorijoje 2023 m. rudenį Žemės ūkio ministerijos užsakymu buvo atlikta mineralinio azoto (N_{\min}) stebėseną šalies dirvožemiuose. Tyrimo duomenimis, šalies žemės ūkio naudmenose N_{\min} , dirvožemio 0–60 cm sluoksnyje sukaupta vidutiniškai $57,8 \text{ kg ha}^{-1}$, tačiau atskirose šalies zonose N_{\min} kiekiai žymiai skyrėsi (13 pav.).



13 pav. Mineralinio azoto pasiskirstymas 0–60 cm dirvožemio sluoksnyje 2023 m. rudenį (Staugaitis ir kt., 2023).

Mažesniu N_{\min} kiekiu išsiskyrė Rytų Lietuva – jo čia nustatyta vidutiniškai $46,5 \text{ kg ha}^{-1}$ ir Vakarų Lietuva – $52,9 \text{ kg ha}^{-1}$. Gerokai daugiau N_{\min} rasta Vidurio Lietuvoje – $74,0 \text{ kg ha}^{-1}$. Šie kiekiai Rytų ir Vidurio Lietuvoje yra $8,1$ ir $6,2 \text{ kg ha}^{-1}$ didesni nei buvo pernai rudenį, tačiau $3,3 \text{ kg ha}^{-1}$ mažesni nei Vakarų Lietuvoje, kur rugpjūčio ir spalio mėnesiais iškrito ypač didelis kritulių kiekis – atitinkamai 177 ir 122 mm . 2023 m. vasara ir ruduo, iki lapkričio mėnesio, buvo šiltesni nei įprastai, o rugsėjo mėnesį šalies zonose vidutinė mėnesio paros oro temperatūra buvo net rekordiškai $+4,4\dots+4,7 \text{ }^\circ\text{C}$ aukštesnė už daugiametę. Šiltesni orai lėmė intensyvesnę organinių medžiagų mineralizaciją dirvožemyje minėtu laikotarpiu, todėl susikauptė didesnės N_{\min} atsargos dirvožemyje Rytų ir Vidurio Lietuvoje. Daugiau mineralinio azoto nei 2023 metų rudenį nustatyta beveik prieš 10 metų, t. y. 2014 metais ir atitinkamai 2011–2013 m. (14 pav.). Nors ir 2023 m. rudenį lapkričio pradžioje žemės ūkio naudmenose 0–60 cm dirvožemio sluoksnyje mineralinio azoto nustatyta vidutiniškai $57,8 \text{ kg ha}^{-1}$, tačiau 2024 m. pavasarį –

jau tik 32,5 kg ha⁻¹. Tiek mažai mineralinio azoto šiuo metų laiku nustatyta pirmą kartą nuo 2020 metų arba panašiai kaip ir 2018 m.



14 pav. Mineralinio azoto pasiskirstymas 0–60 cm dirvožemio sluoksnyje 2024 m. pavasarį

Atskirose Lietuvos zonose ir dirvožeminiuose rajonuose mineralinio azoto kiekis ženkliai skiriasi. Taip pat per žiemą likęs azotas iš dirvožemio išsiplauna ne visas ir kitais metais juo gali pasinaudoti auginami augalai. Todėl pavasarį skaičiuojant azoto trąšų normas žemės ūkio augalams, reikalinga atlikti dirvožemio tyrimus ir atsižvelgti į mineralinio azoto kiekį esantį dirvožemyje. Prieš augalų sėją ar sodinimą, pagal 9 lentelėje pateiktus duomenis, yra įvertinamas dirvožemio azotingumas ir parenkama optimali azoto trąšų norma.

Lietuvoje azoto trąšų normų koregavimas žemės ūkio augalams, ypačingai pagal pavasarį atliekamus N_{min} tyrimus, yra daugelį metų neatsiejama intensyvios augalininkystės technologijos dalis. Jau daug metų ūkiuose atliekami tyrimai rodo, kad žemės ūkio augalams azoto trąšų normas skaičiuojant pagal N_{min} kiekį dirvožemyje sutaupome 10–20 proc. azoto trąšų.

9 lentelė. Azoto trąšų normų patikslinimas pagal šalyje vykdomos mineralinio azoto (N_{\min}) stebėsenos duomenis (Staugaitis ir kt., 2020)

Pavasarij N_{\min} kiekis 0 – 60 cm dirvožemio sluoksnyje $kg\ ha^{-1}$	Azoto (N) trąšų normos korekcija $kg\ ha^{-1}$	
	1	2
≤ 30	+15	+30
31 – 40	+10	+20
41 – 50	+5	+10
51 – 60	0	0
61 – 70	-5	-10
71 – 80	-10	-20
> 80	-15	-30

Pastaba: 1 – taikoma, kai vyrauja smėlio dirvožemiai arba žemės našumo balas mažesnis nei 38 balai ir kai augalai tręšiami mažesnėmis nei $120\ kg\ ha^{-1}$ azoto (N) trąšų normomis;

2 – taikoma priemolio, priemolio, molio dirvožemiuose, kai žemės našumo balas didesnis nei 38 balai ir augalai tręšiami didesnėmis nei $120\ kg\ ha^{-1}$ azoto (N) trąšų normomis.

Tačiau laukuose, kur N_{\min} kiekis yra didelis ar labai didelis, sutaupoma kur kas daugiau – atitinkamai 30 ir 60 proc. Tai svarbu ekologiniu bei ekonominiu požiūriu ir yra reikšmingas žingsnis įgyvendinant ES žaliąjį kursą.

1.2.2.4. Dirvožemio fosforingumas (judriojo fosforo P_2O_5)

Fosforas – vienas svarbiausių augalų maisto medžiagų. Jo trūkumas sąlygoja augalų fiziologinius pažeidimus, riboja jų produktyvumą bei derlingumą. Fosforas dalyvauja augalų fotosintezės procese ir kvėpavimo procesuose, generatyvinių audinių susidaryme. Spartina augimą, brendimą, dalyvauja baltymų sintezėje, didina augalų atsparumą nepalankiems augimo veiksniams. Judriojo fosforo (P_2O_5) koncentracijos vertinimas dirvožemyje nurodytas 10 lentelėje. Trūkstant fosforo augalai prastai įsivina azotą, mažiau jo sunaudojama iš trąšų, ir daugiau išsiplauna iš dirvožemio. Tręšimas didesnėmis nei reikia fosforo trąšų normomis augalų derlingumo paprastai nemažina, tačiau didina išaugintos produkcijos savikainą, nes fosforo trąšos yra brangios. Fosforo trąšų žaliavų išteklių pasaulyje riboti, todėl didesnės judraus fosforo atsargos dirvožemyje yra labai svarbios ir vertinamos kaip dirvožemio derlingumo rodiklis (Staugaitis ir kt., 2021).

Dirvožemyje fosforas įeina į organinių ir mineralinių junginių sudėtį. Organiniuose junginiuose esantį fosforą augalai įsivina nedidelius kiekius ir tik tuomet, kai intensyviai vyksta organinės medžiagos mineralizacija. Mineraliniuose junginiuose esantis fosforas būna kalcio, geležies bei aliuminio fosfatų formų ir yra svarbiausias augalų mityboje. Rūgščiuose dirvožemiuose, kuriuose gausu judriųjų aliuminio ir geležies, susidaro netirpūs aliuminio ir geležies ortofosfatai, todėl tokiuose dirvožemiuose augalai fosforą įsivina daug prasčiau.

10 lentelė. Judriojo fosforo (P_2O_5) koncentracijos vertinimas dirvožemyje

Vertinimo grupė ir sutartinė žymėjimo spalva	Judriojo P_2O_5 koncentracija $mg\ kg^{-1}$	
	vertė	vertinimas
I	≤ 50	labai mažo fosforingumo
II	51 – 100	mažo fosforingumo
III	101 – 150	vidutinio fosforingumo
IV	151 – 200	fosforingi
V-VI	≥ 200	didelio ir labai didelio fosforingumo

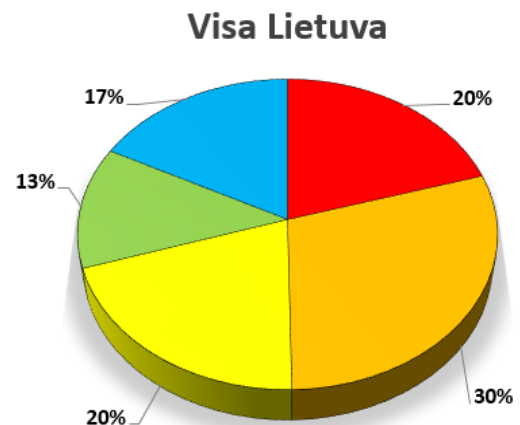
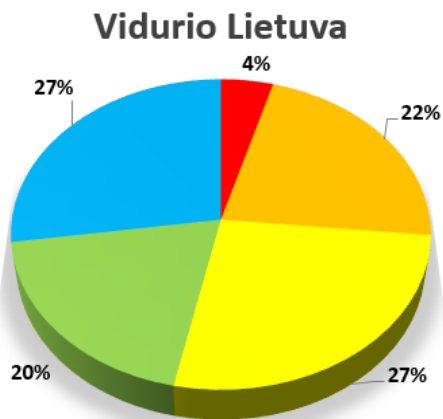
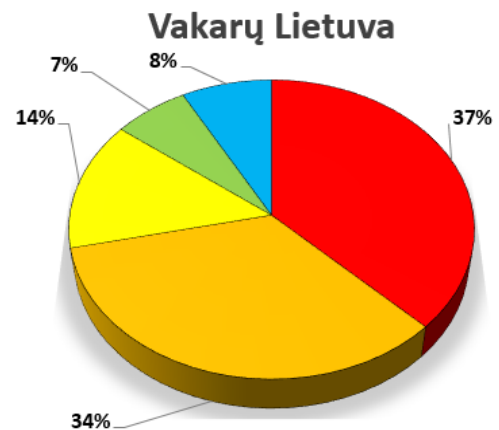
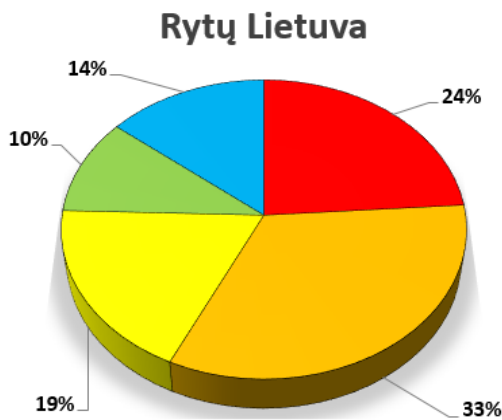
Lietuvos dirvožemiuose judrusis fosforas pasiskirstęs labai nevienodai. Daugiau fosforo yra sunkesnės granulometrinės sudėties dirvožemiuose, o vertinant pagal dirvožemio tipus – salpžemiuose, rudžemiuose ir karbonatinguose išplautžemiuose. Mineraliniai dirvožemiai, kuriuose judriojo fosforo yra daugiau kaip $150\ mg\ kg^{-1}$, tręšiami mažesnėmis normomis nei reikia augalų derliui užauginti.

Kai judriojo fosforo yra daugiau $300\ mg\ kg^{-1}$ dirvožemyje fosforu netręšiama, nes jo yra gerokai daugiau nei augalų poreikis. Mažiau reikliams augalams fosforo dirvožemyje pilnai užtenka, kai jo yra $200\text{--}250\ mg\ kg^{-1}$. Tai patvirtina tiek Lietuvoje, tiek užsienyje atlikti moksliniai tyrimai. Pavyzdžiui, Radviliškio savivaldybėje Skėmiuose 50 metų vykdytas bandymas parodė, kad sėjomainoje palaikyti ilgalaikį fosforo balansą užtenka kasmet įneštant $40\text{--}50\ mg\ kg^{-1}$ fosforo (P_2O_5) trąšų.

Dėl fosforo neigiamos įtakos aplinkai, ypač vandens telkinių eutrofikacijos procesams, HELCOM rekomenduoja per metus į dirvą įterpti ne daugiau $40\ kg\ ha^{-1}$ fosforo (P) arba $91,6\ kg\ ha^{-1}$ (P_2O_5). Tai reiškia, kad labai mažai ir mažai judriojo fosforo (iki $100\ mg\ kg^{-1}$) turinčius dirvožemius galime tręšti $50\text{--}90\ kg\ ha^{-1}$ fosforo (P_2O_5) trąšų normomis. Šiuo atveju augalų nepertrešime, o sukultūrinsime dirvožemį. Tačiau, kai fosforu turtingus dirvožemius tręšiamo $100\text{--}150\ kg\ ha^{-1}$ normomis – tai nepateisinama nei ekonomine, nei ekologine prasme.

Lietuvoje pagal judraus fosforo vidutinį kiekį turtingi juo ($P_2O_5 > 160\ mg\ kg^{-1}$) yra Joniškio, Radviliškio, Panevėžio, Kėdainių, Šakių ir Kalvarijos savivaldybių dirvožemiai (2 pav.). Tačiau lyginat su jais, perpus mažiau judriojo fosforo ($P_2O_5 < 80\ mg\ kg^{-1}$) turi Skuodo, Mažeikių, Plungės ir Šilalės savivaldybių dirvožemiai. Tai didelis skirtumas, todėl tręšimas fosforu pagal jo kiekį esantį dirvožemyje turi būti neabejotinai diferencijuojamas.

Dirvožemius, kurie apima tris fosforingumo grupes – koncentracija didelė, labai didelė ir itin didelė ($P_2O_5 > 150\ mg\ kg^{-1}$), priimta vadinti sąlygiškai fosforu turtingais. Esant tokioms jo koncentracijoms, tręšimas fosforu ženkliai mažinamas arba išvis netręšiame. Tokių plotų vidutiniškai Lietuvoje yra 30 proc., o Vidurio Lietuvoje – net 46,7 proc., t. y. beveik pusė (15 pav.).



■ labai mažo fosforingumo
 ■ mažo fosforingumo
 ■ vidutinio fosforingumo
 ■ fosforingi
 ■ didelio ir labai didelio fosforingumo

15 pav. Judriojo fosforo (P_2O_5) pasiskirstymas pagal vertinimo grupes proc. žemės ūkio naudmenose (Mažvila, 2011; Staugaitis, Vaišvila, 2019)

Sąlygiškai daug fosforu turinčių dirvožemių itin daug nustatoma – Kėdainių savivaldybėje – 76,3 proc., Joniškio – 69,5 proc., Radviliškio – 68,5, Kalvarijos – 56,3 proc., Elektrėnų – 55,7 proc., Šakių – 54,8 proc., Panevėžio – 53,7 proc.

Vidurio Lietuvoje tręšti fosforo trąšomis reikėtų mažiau, tačiau praktikoje situacija yra priešinga. Per paskutiniuosius dešimt dirvožemio agrocheminių savybių stebėsenos metų Vidurio Lietuvoje sąlygiškai fosforu turtingų dirvožemių plotai padidėjo net 8,6 proc., kai Rytų Lietuvoje sumažėjo 0,6 proc., o Vakarų Lietuvoje – 1,2 proc. Ženkliai minėtų plotų padidėjo Pakruojo– 23,7 proc., Šakių – 16,5 proc., Pasvalio – 14,8 proc., Jurbarko – 13,7 proc., Panevėžio – 13,1 proc., Kalvarijos – 12,3 proc. ir Šiaulių – 11,3 proc. savivaldybėje. Neabejotina, kad tai tręšimo didesnėmis nei reikia augalams mineralinėmis fosforo trąšų normomis ir intensyvaus organinių trąšų naudojimo stambiuose gyvulininkystės ūkiuose rezultatas.

Jei Vidurio Lietuvoje turime galimybę mažinti fosforo trąšų normas nesumažinant derliaus, tai Rytų ir Vakarų Lietuvos didesnėje dalyje situacija priešinga. Čia dirvožemiuose yra mažai ne tik judriojo fosforo, be to jie rūgštus, turi mažiau mineralinio azoto ir judriojo kalio, o to pasekoje augalai fosforą įsisavina ženkliai prasčiau. Tai pastebima pavasarį, kai dirvos dar nėra pakankamai įšilusios. Todėl tokiuose plotuose didesnių fosforo trąšų normų naudojimas yra pagrįstas ir būtinas.

1.2.2.5. Dirvožemio kalingumas (judriojo kalio K₂O)

Kalis augale atlieka daug įvairių funkcijų: dalyvauja fotosintezės procese, angliavandenių ir vitaminų sintezėje, reguliuoja vandens ir medžiagų apykaitą bei judėjimą augale ir kt. Kalis į augalą patenka per šaknis jonų pavidalu ir apie 80 proc. jo yra ląstelių sultyse. Kalio daugiausiai yra intensyviai augančiose augalo dalyse. Esant jo trūkimui, kalis iš senų lapų pernešamas į jaunus. Kalio poreikis augalams yra didelis: migliniams javams panašiai, kaip azotui, miglinėms žolėms apie 20 proc., o daugeliui daržovių – 30–50 proc. didesnis. Tuo tarpu bulvėms, cukriniams ir pašariniams runkeliams, morkoms, burokėliams, ropėms, agurkams – jo poreikis net 2,0–2,5 karto didesnis nei azoto. Kalio kiekis augale yra tiesiogiai susijęs su judriuoju kalio kiekiu dirvožemyje.

Didžioji judriojo kalio dalis dirvožemyje yra dirvožemio molio dalelėse, nedidelė – ištirpusi dirvožemio tirpale. Pagrindinis kalio šaltinis augalams yra dirvožemio dalelėse esantis mainų kalis, kuris kitų katijonų išstumiamas į dirvožemio tirpalą. Kalio koncentracija priklauso nuo dirvožemio granulometrinės sudėties – jo moliuose, priemoliuose yra daugiau nei priesmėliuose ir, ypač, smėliuose. Iš molio dalelių atsilaisvinęs kalis į dirvožemio tirpalą lengviau pereina, kai jame yra pakankamai drėgmės, todėl augalams prieinamo kalio drėgnesniais metais dirvožemyje būna daugiau ir augalai jį pasisavina geriau. Dirvožemyje judriojo kalio koncentracijai turi įtakos ne tik granulometrinė sudėtis bei dirvožemio tipas, bet ir dirvožemio sukultūrinimas, tręšimo intensyvumas. Todėl net gretimuose laukuose judriojo kalio koncentracija gali būti labai nevienoda.

Lietuvoje dirvožemyje judrusis kalis nustatomas A-L metodu. Mineraliniai dirvožemiai, kuriuose judriojo kalio yra daugiau kaip 150 mg kg⁻¹, o durpėse ir puvenose – daugiau 300 mg kg⁻¹, vadinami sąlygiškai kaliu turtingais 11 lentelė. Tokiuose dirvožemiuose kalio trąšų normos augalams mažinamos, o esant kalio itin daug – kaliu netrešiama.

Lietuvoje dirvožemių, kuriuose judriojo kalio yra labai mažai turime nedaug – vos 2,4 proc. (16 pav.). Nėra daug ir mažai judriojo kalio turinčių dirvožemių –18,8 proc., tuo tarpu likusi dalis – 78,8 proc. visų plotų – jo turi vidutiniškai arba daug. Tuo būdu kalio šalies dirvožemiuose yra ženkliai daugiau nei judraus fosforo.

11 lentelė. Judriojo kalio (K₂O) koncentracijos vertinimas dirvožemyje

Vertinimo grupė ir sutartinė žymėjimo spalva	Judriojo K ₂ O koncentracija mg kg ⁻¹	
	vertė	vertinimas
I	≤ 50	labai mažo kalingumo
II	51 – 100	mažo kalingumo
III	101 – 150	vidutinio kalingumo
IV	151 – 200	kalingi
V-VI	≥200	didelio ir labai didelio kalingumo

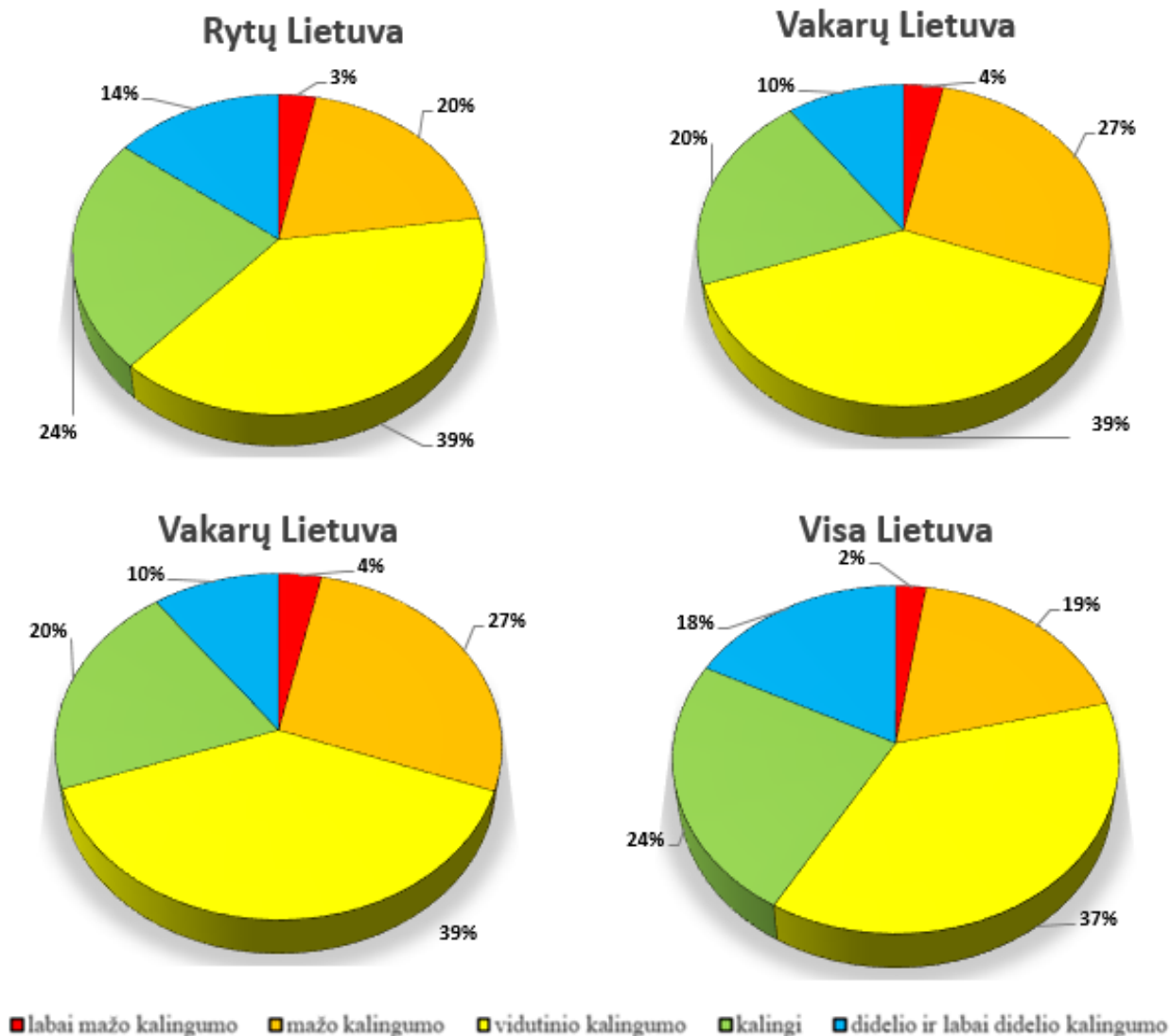
Atlikti tyrimai rodo, kad kalio trąšų efektyvumas žemės ūkio augalams yra didžiausias, kai dirvožemyje judriojo kalio yra labai mažai ar mažai. Derliaus priedai gaunami, kai kalio dirvožemyje yra ir vidutiniai kiekiai, tačiau kai jo yra daug – augalų derliai dažniausiai nedidėja tuomet juo tręšiama dėl kalio balanso palaikymo dirvožemyje.

Judriojo kalio koncentraciją dirvožemyje labiausiai didina žemės ūkio augalų tręšimas mėšlu, kiek mažiau – mineralinės kalio trąšos. Kadangi kalio daugiau būna sunkesnės granulometrinės sudėties dirvožemiuose, juose kalio trąšos žemės ūkio augalams yra mažiau efektyvios nei lengvesnės granulometrinės sudėties.

Judriuojami kaliumu turtingesni yra Vidurio Lietuvos dirvožemiai. Čia sąlygiškai kaliumu turtingi dirvožemiai (> 150 mg/kg) sudaro 52,7 proc., kai tuo tarpu Rytų ir Vakarų Lietuvoje – atitinkamai 38,4 ir 30,4 proc. Mažesniais judriojo kalio kiekiais dirvožemyje išsiskiria Šiaurės–Vakarų ir Pietryčių Lietuvos regionai (17 pav.).

Daugiausiai sąlygiškai kaliumu turtingų dirvožemių yra Kalvarijos savivaldybėje – 79,2 proc., Radviliškio – 74,3 proc., Marijampolės – 71,0 proc., Pasvalio ir Prienų – po 68,2 proc., Zarasų – 65,6 proc., Vilkaviškio – 63,5 proc., Kauno – 62,6 proc. ir Elektrėnų – 61,0 proc.. Mažiausiai minėtų dirvožemių yra Varėnos – 7,9 proc., Šilutės – 10,8 proc., Šalčininkų – 17,3 proc., Rietavo – 18,0 proc., Švenčionių ir Druskininkų – po 18,1 proc., Šilalės – 21,2 proc., Kretingos – 23,7 proc., Šakių – 26,1 proc., Plungės – 27,6 proc. ir Telšių – 27,8 proc. savivaldybėse.

Intensyviau žemės ūkio gamybą plėtojančiame Vidurio Lietuvos regione, sąlygiškai turtingų kaliumu dirvožemių per paskutiniuosius dešimt metų padaugėjo 5,4 proc.



17 pav. Judriojo kalio (K_2O) pasiskirstymas pagal vertinimo grupes proc. žemės ūkio naudmenose

Tuo tarpu Rytų ir Vakarų Lietuvoje jų sumažėjo atitinkamai 4,0 ir 7,2 proc., o vertinant visą Lietuvą šis pokytis neigiamas ir sudaro – 1,3 proc.

1.3. Mineralinės mitybos elementų prieinamumas augalams

Dirvožemyje vyksta sudėtingi maisto medžiagų migracijos, transformacijos bei sorbcijos procesai, kurių intensyvumas priklauso nuo aplinkos sąlygų, dirvodaros ypatumų bei augalų fiziologinių savybių. Dirvožemio produktyvumo apimtį ir formavimąsi dažniausiai siejame su geneze, fizikinėmis, biologinėmis bei cheminėmis savybėmis. Greta dirvožemio grupės, granulimetrinės sudėties, drėgmės, jo produktyvumas sąlygojamas augalams prieinamais mineralinės mitybos elementų kiekiais, kurių

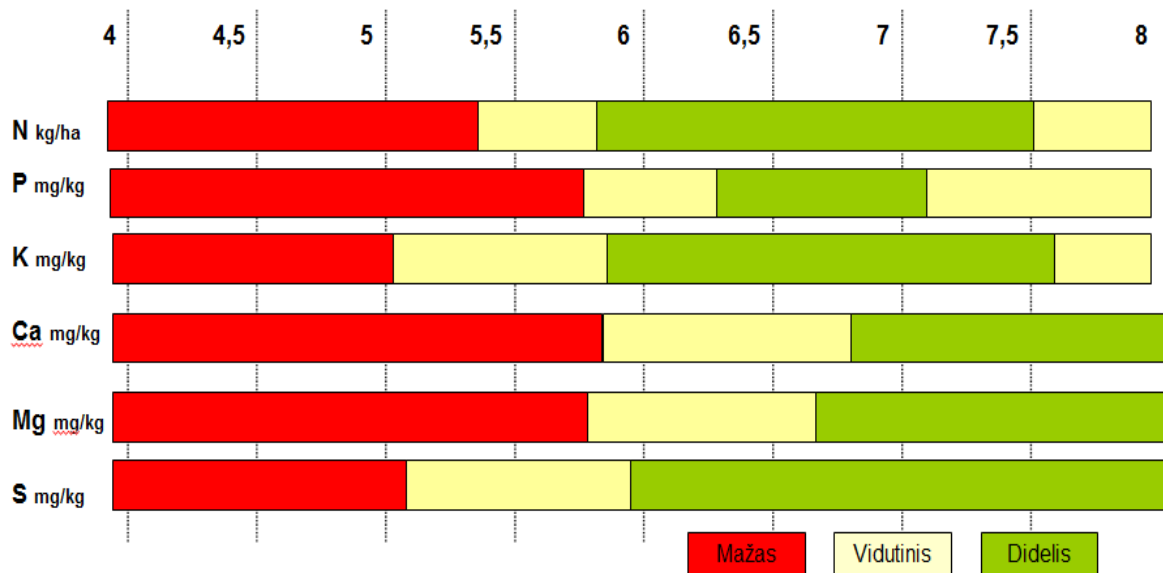
gausa ir įvairovė priklauso ne tik nuo gamtinių sąlygų, antropogeninės veiklos, bet ir kt. veiksnių (Vaišvila, Mašauskas, 2010). Mineralinės mitybos elementų kiekį dirvožemyje ir jų prieinamumą dažniausiai apsprendžia dirvožemio gimtoji uoliena, granulimetrinė sudėtis, dirvožemio pH.

Bendrosios maisto medžiagų atsargos dirvožemyje rodo jo potencinį derlingumą ir daugelyje dirvožemių jos yra daug didesnės už tas, kurios yra augalams prieinamos. Dirvožemyje augalams prieinamų mineralinės mitybos elementų mobilizacija iš bendrųjų atsargų ar mažai tirpių junginių vyksta nuolat veikiant biologiniams, cheminiams procesams. Dalį mažai tirpių, augalams neprieinamų junginių, augalai sugeba paversti tirpiaisiais, augalams prieinamais, išskirdami organines rūgštis (citrinos, obuolių, anglies, vyno ir kt.) ir fermentus, kurie tirpdo dirvožemio mineralinius junginius ir sudėtingas organines medžiagas. Tačiau dažnai mineralinės mitybos elementų mobilizacija vyksta gana lėtai ir derlingumui suformuoti augalui jų nepakanka (Jodaugienė ir kt., 2017).

Daugelis autorių pažymi, kad mineralinės mitybos elementų režimo dirvožemyje negalima apibūdinti vien tik judriųjų, t. y. tirpių, azoto, fosforo, kalio ir kt. elementų kiekio nustatymu, tačiau reikalinga įvertinti ir šių elementų prieinamumą augalams (Baber, 1991). Elementų prieinamumas augalams ir jų judrumo laipsnis priklauso nuo dirvožemyje esančio fizinio molio dalelių kiekio, humusingumo, dirvožemio drėgmės režimo, aeracijos, kitų elementų kiekio, dirvožemio buferiškumo, t.y. dirvožemio gebėjimo atpalaiduoti mineralinės mitybos elementus iš kietosios fazės augalų sunaudotiems elementams kompensuoti (Loges ir kt., 2006). Elementų prieinamumui svarbus ir dirvožemio pH. Kiekvieno mineralinės mitybos elemento reakcija į dirvožemio pH yra skirtinga: vienu elementų yra daugiau esant rūgščiam dirvožemiui, kitų mažiau (18 pav.).

Augalų apsirūpinimas mitybos elementais priklauso ne tik nuo prieinamų elementų kiekio dirvožemyje, bet ir nuo augalų gebėjimo juos įsisavinti. O tai priklauso nuo augalų šaknų morfologinių savybių, dirvožemio fizikinių savybių, šviesos intensyvumo, apšvietimo trukmės, aeracijos, temperatūros (Jungk, Claassen, 1996). Tyrimais įrodyta, kad augalų maitinamojo tirpalo temperatūrai pakilus nuo 10 °C iki 24 °C Ca^{2+} įsisavinamumas padidėja 15 kartų, NO_3^- ir Mg^{2+} – 5 kartus. Įsisavinimo procesui labai svarbu ir mineralinės mitybos elementų forma bei kiekis dirvožemyje.

Daugeliu atvejų, augalai mitybos elementus iš dirvožemio įsisavina jonų forma (12 lentelė). Elementams esant kitose, nei lentelėje nurodytos formos, augalai įsisavinti jų negali (Jodaugienė ir kt., 2017).



18 pav. Judriųjų makro ir antrinių elementų kiekis dirvožemyje priklausomai nuo dirvožemio pH

12 lentelė. Augalų pasisavinamos mineralinės mitybos elementų formos

Mineralinės mitybos elementai	Pasisavina per šaknis	Pasisavina per lapus
Azotas	NH_4^+ ir NO_3^- , nedideliais kiekiais amidine (NH_2), aminorūgščių forma	amidine (NH_2), NH_4^+ ir aminorūgščių forma, NO_3^- nenaudotina, nes degina augalus
Fosforas	HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- , sumedėję augalai ir PO_4^{3-}	HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- , $\text{H}_2\text{PO}_3^{2-}$
Kalis	K^+	K^+
Kalcis	Ca^{2+}	Ca^{2+} ir Ca chelatinėje formoje
Magnis	Mg^{2+}	Mg^{2+} ir Mg chelatinėje formoje
Siera	SO_4^{2-}	SO_4^{2-}

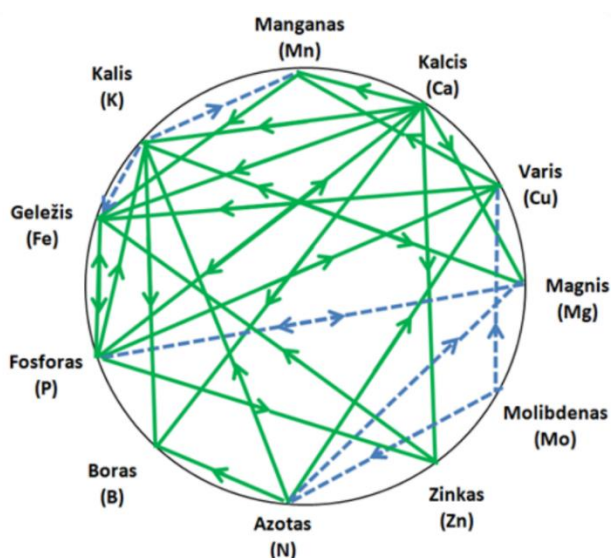
Mineralinės mitybos elementų įsisavinamumą lemia ir jų patekimo per šaknis būdas. Pvz.: visas fosforas, dalis kalio ir azoto prie augalų šaknų patenka difuzijos būdu (13 lentelė). Difuzijos procesui reikia, ne tik kad mažėtų mineralinės mitybos elementų koncentracija šaknies paviršiuje, tačiau tyrimais nustatyta, kad difuzijos greitis priklauso ir nuo atstumo tarp įsisavinamo elemento ir šaknies. Fosforo įsisavinimas padidėja apie 4 kartus atstumui tarp šaknies ir elemento sumažėjus nuo 2,0 iki 0,5 mm. Masinio srauto intensyvumui turi įtakos augalo vandens sorbcijos greitis, priklausantis nuo augalo rūšies, dirvožemio drėgmės režimo. O drėgmės režimas priklauso nuo dirvožemio granulometrinės sudėties,

humuso ar organinių medžiagų kiekio, dirvodarinės uolienos pralaidumo (Šlapakauskas, Kučinskas, 2010; NaNagara, Philips ir kt., 1992). Elementų įsisavinamumą lemia ir dirvožemio tirpalo kelio vingiuotumas bei dirvožemio tūrio masė (Mengel, Kirkly, 1987). Drėgmės kiekiui dirvožemyje didėjant, sumažėja difuzinio kelio vingiuotumas ir elementų įsisavinamumas padidėja. Esant drėgmės pertekliui, įsisavinamumas sumažėja (Jodaugienė ir kt., 2017).

13 lentelė. Mineralinės mitybos elementų patekimo per šaknis būdas

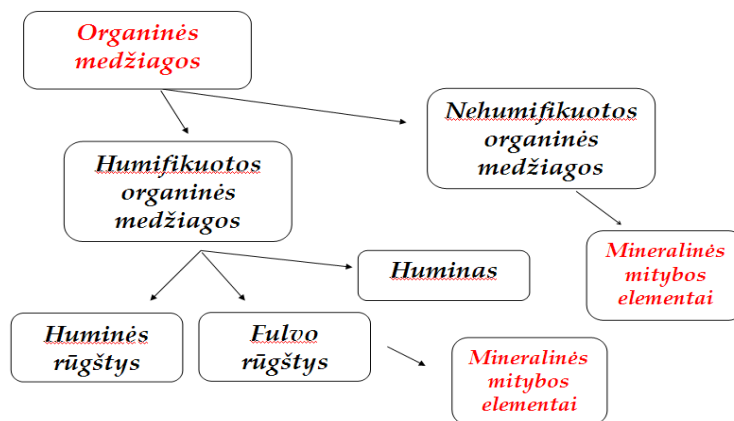
Mineralinės mitybos elementai	Patekimo būdas	
	masinis srautas	difuzija
Azotas	+++	++
Fosforas	+	++++
Kalis	++	+++
Kalcis	+++++	
Magnis	+++++	
Siera	+++++	

Didelę reikšmę mineralinės mitybos elementų įsisavinamumui turi skirtingų elementų jonų santykis dirvožemio tirpale ir jonų tarpusavio konkurencija dėl bendrų sorbcijos vietų (Stevenson, Cole, 1999). Jie veikia vieni kitus ir kituose augalų vystymosi procesuose. Perteklinis vieno elemento(ų) kiekis gali sumažinti kito(ų) elemento(ų) įsisavinamumą (19 pav.).



19 pav. Mineralinės mitybos elementų įsisavinimo blokavimas, kai yra įtakojančių elementų perteklius (Jodaugienė ir kt., 2017)

Azotas. Augalų mitybai labai svarbios dirvožemyje esančio azoto atsargos. Didžioji azoto dalis yra humuse ir kt. organiniuose junginiuose. Augalai juo gali pasinaudoti tik tada, kai vegetacijos laikotarpiu dirvos mikroorganizmai suskaldo organinę medžiagą ir joje esantį azotą iš organinio paverčia mineraliniu (Galloway, 2005). Dirvožemyje organinių medžiagų transformacija vyksta keliomis kryptimis: organinės medžiagos visiškai mineralizuojasi ir dirvožemį praturtina anglies dioksidu ir mineralinės mitybos elementais; organinės medžiagos įjungiamos į naujas humusines medžiagas (20 pav.).

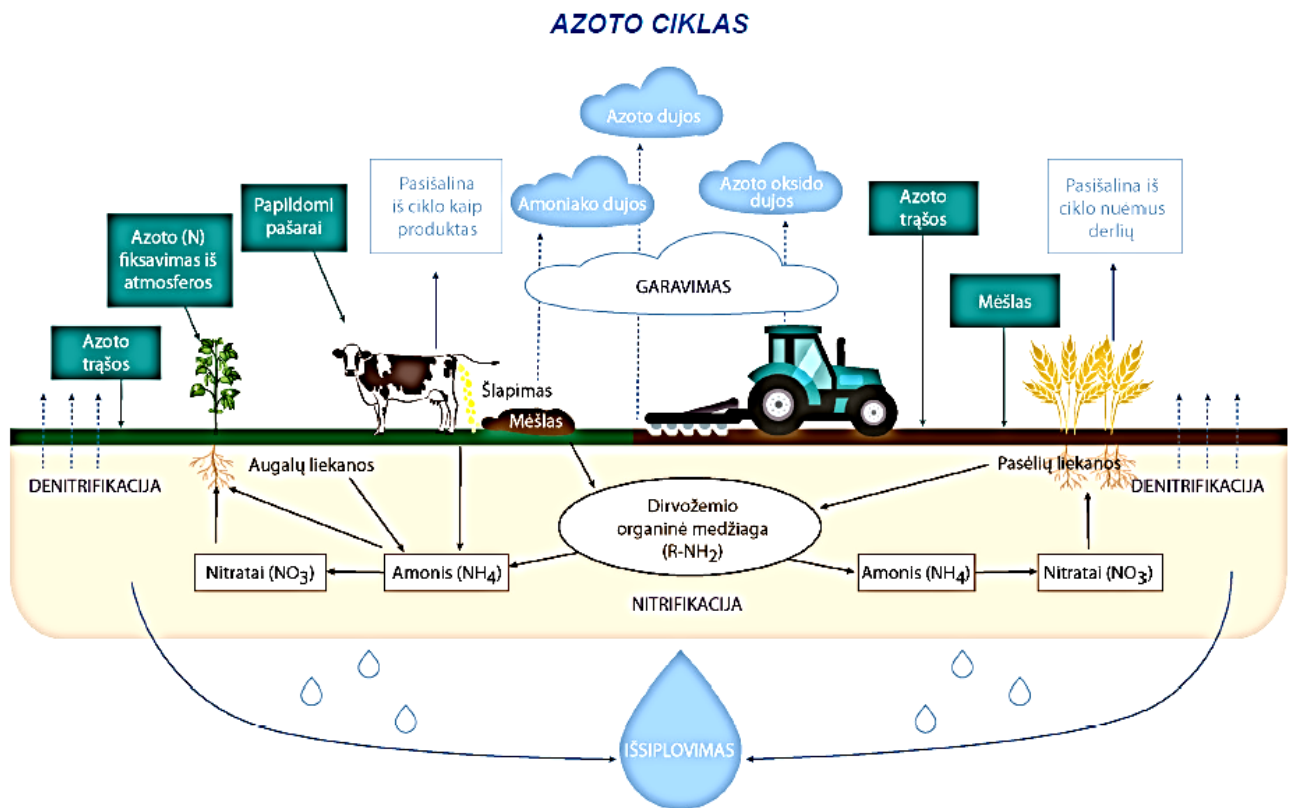


20 pav. Organinių medžiagų transformacija dirvožemyje (Jodaugienė ir kt., 2017)

Šių pokyčių greitis ir kryptis priklauso nuo dirvožemio mikroorganizmų kiekio ir jų veiklos intensyvumo, nuo dirvožemio ir klimato sąlygų, nuo organinių medžiagų kiekio ir jų cheminės sudėties.

Augalai intensyviausiai per šaknis sorbuoja – amoniakinį (NH_4^+) ir nitratinį (NO_3^-) azotą, nors taip pat gali įsisavinti nedidelius NH_2^- , amino rūgščių bei amidų kiekius, tačiau šios formos didesnės praktinės reikšmės augalų mitybai neturi. Nustatyta, kad stipriausi ryšiai yra tarp augalų derlingumo ir mineralinio ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$) azoto. Šių mineralinio azoto formų įsisavinamumas priklauso nuo dirvožemio pH ir temperatūros. Dirvožemio pH reikšmei didėjant (dirvožemiui šarmėjant), intensyvėja amonio ir silpnėja nitratų įsisavinamumas ir atvirkščiai. Kylant dirvožemio temperatūrai, nitratų sorbcija didėja, esant 23 °C temperatūrai pralenkia amonio jonų įsisavinimą ir maksimumą pasiekia prie 35 °C (Galloway, 2005). Tačiau visais atvejais augalai auga ir vystosi optimaliai dirvožemyje esant amonio ir nitratinės formos azotui (Jodaugienė ir kt., 2017).

Kad azotą galėtų įsisavinti augalai turi vykti biologinių procesų transformacija pagal azoto kitimo ciklą (21 pav.), turi susidaryti amoniakinio (N-NH_3) bei nitratinio (N-NO_3) azoto junginiai (Cabello ir kt., 2004; Jiao ir kt., 2018).



21 pav. Azoto ciklas žemės ūkyje (Feiza ir kt., 2019)

Šių formų junginiai yra vadinami mineraliniu azotu (N_{\min}). Jis yra lengvai įsisavinamas augalų ir lemia dirvožemio kokybę – jo derlingumą. Azoto kitimo cikle šie junginiai susidaro kai dirvožemio organinė medžiaga (augalų liekanos bei kt.) mikroorganizmų yra suskaidoma į neorganinius junginius (Robertson, Vitousek, 2009; Butterbach ir kt., 2011).

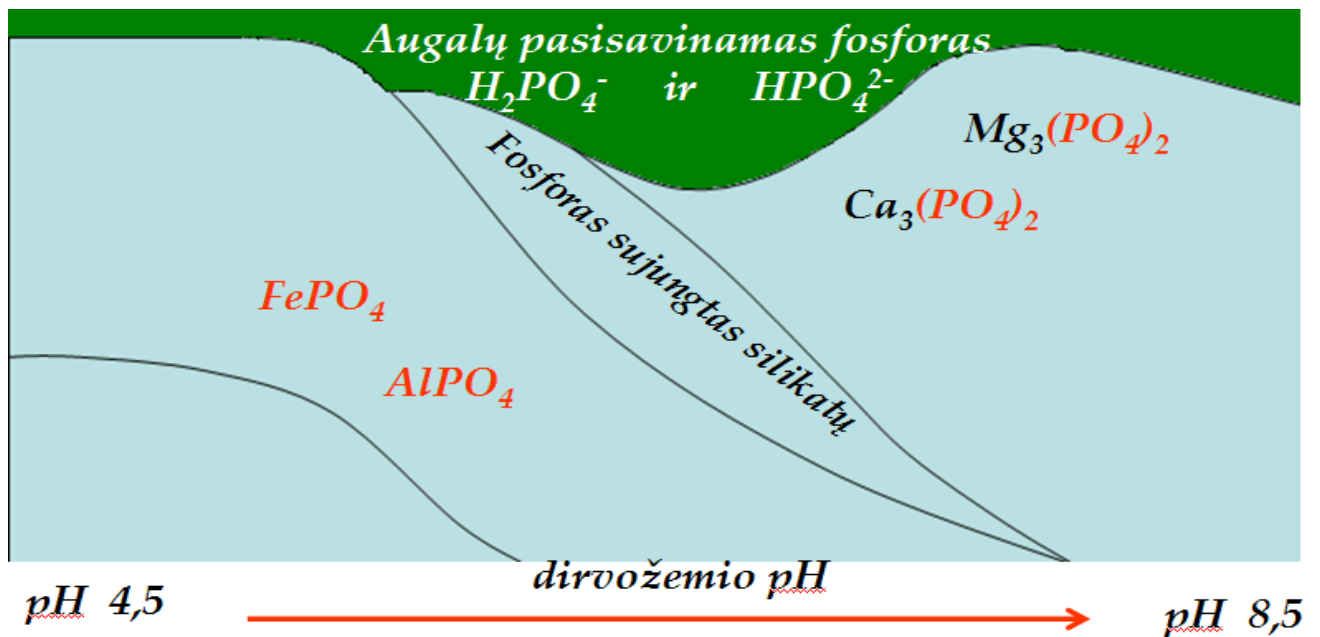
Taigi, azoto medžiagų apykaita vyksta uždariais ratais (ciklais). Per šiuos ciklus yra palaikomi santykiai tarp gyvų organizmų ir jų aplinkos, tačiau toks medžiagų judėjimas retai yra subalansuotas. Pavyzdžiui, dirvožemyje trūkstant augalams prieinamo N min nukenčia augalų produktyvumas (Arbačiauskas ir kt., 2014; Lambie ir kt., 2020). Todėl, norint kompensuoti medžiagų trūkumus yra būtini ryšiai su kitomis ciklo ekosistemomis. Yra nustatyta, kad naudojant intensyvią žemdirbystę organinio azoto (N_{org}) išteklių dirvožemyje mažėja, o atkuriant optimalų azoto kiekį dažnai naudojamos dirbtinės azoto trąšos, todėl yra trikdoma nitratų ir azoto oksidų pusiausvyra ekosistemose (Agnieszka ir Mariusz, 2011). Tačiau į azoto ciklą dirvožemyje papildomai įtrauktas azotas yra ne tik panaudojamas augalų augimui, bet ir mikroorganizmų veiklai – jis amonifikuojamas arba denitrifikuojamas (Ciais ir Coauthors, 2013; Pajares, Bohannan, 2016).

Mineralinio azoto kiekis dirvožemyje skirtingais metais ir skirtingais metų laikais skiriasi. Rudens – pavasario laikotarpiu, šio elemento kiekis dirvožemyje priklauso nuo laikotarpių klimato sąlygų, augalų tręšimo azotu intensyvumo bei nuo azoto sąveikos su fosforu ir kaliu.

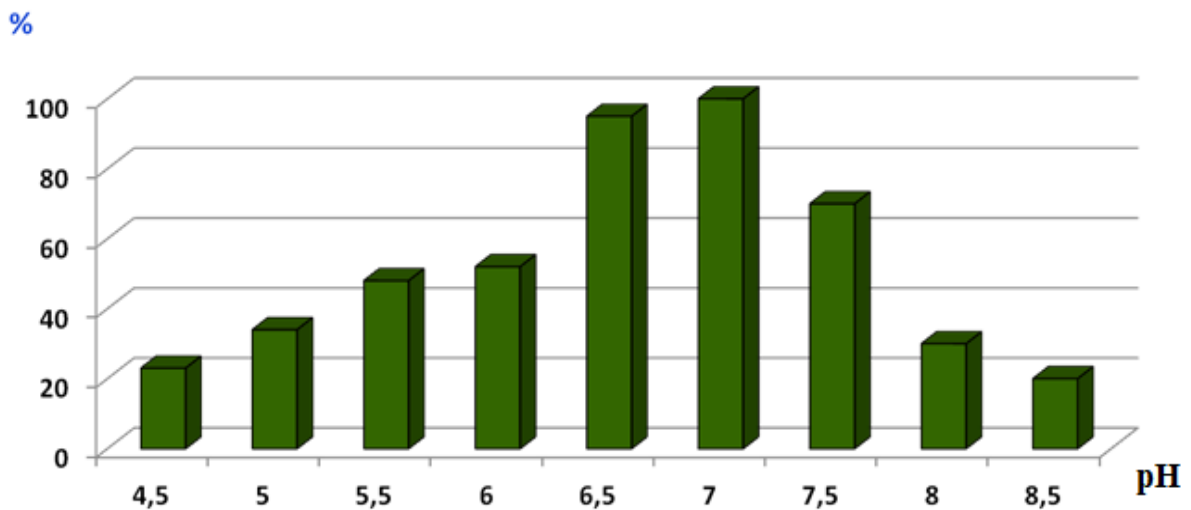
Fosforas. Fosforas yra vienas pagrindinių elementų, lemiančių ekosistemų tvarumą ir žemės ūkio augalų produktyvumą. Identifikuota daugiau nei 170 fosforo turinčių dirvožemio mineralų rūšių. Tačiau dirvožemyje fosforas yra labai stabilus arba netirpstantis, ir tik labai maža jo dalis būna dirvožemio tirpale (Benton Jones, 2012; Johnston ir kt., 2014). Dirvožemiuose, turinčiuose mažai judriojo fosforo, fosforo trąšos yra svarbi žemės ūkio augalų derlingumo didinimo priemonė (Cordell ir kt., 2009; Johnson ir kt., 2014). Šalyse, kur augalininkystė intensyvi, žemės ūkio augalai dažnai yra pertręšiami fosforu, dėl to dirvožemyje susikaupia dideli šio elemento kiekiai, padidėja jo išplovimas iš dirvožemio (Barberis ir kt., 1995; Tóth ir kt., 2014). Neefektyvus fosforo trąšų naudojimas tampa vis didesne problema ir Europoje, nes nemažai judriųjų fosforo junginių patenka į vandenį ir blogina jų kokybę, sukeldami eutrofikaciją (Scholz ir kt., 2013; Schoumans ir kt., 2015; Withers ir kt., 2015). Fosforo nuostoliai priklauso ir nuo dirvožemio tipo, granulimetrinės sudėties bei klimatinių sąlygų (Glaesner ir kt., 2013; Bergström ir kt., 2015). Efektyvus fosforo trąšų naudojimas svarbus ir tuo, kad šių trąšų gamybos žaliavų pasaulyje nedaug ir jos nėra atsinaujinančios, todėl fosforo trąšos brangsta (Jordan-Meille ir kt., 2012).

Dirvožemyje vyksta sudėtingi fosforo dinamikos ir transformacijos procesai, kurie apima organinio fosforo mineralizaciją ir neorganinio mobilizaciją, fosforo junginių pasiskirstymą tarp kietosios dirvožemio dalies ir dirvožemio tirpalo (Stevenson, Cole, 1999). Augalams prieinamo fosforo kiekis dirvožemyje labiausiai priklauso nuo dirvožemio pH. Fosforo prieinamumas augalams mažėja, tiek dirvožemiui rūgštėjant, tiek šarmėjant. Augalams prieinamų fosforo junginių transformacija į augalų nepasisavinamus junginius susijusi su chemine sorbcija, kurios metu kalcio dihidrofosfatai ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)$) ir kalcio hidrofosfatai (CaHPO_4) šarminiame dirvožemyje pereina į mažai tirpius kalcio fosfatus ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) ar magnio fosfatus ($\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$), o rūgščiame dirvožemyje į geležies FePO_4 ir/ar aliuminio fosfatus AlPO_4 . Fosforo formos dirvožemyje priklausomai nuo pH pateiktos 22 pav.

Fosforo įsisavinamumo priklausomumą nuo dirvožemio pH charakterizuoja 23 pav. Fosforo įsisavinimui tinkamiausi artimi neutraliems ir neutralūs dirvožemiai (pH tarp 6,5–7,0). Dirvožemiui tiek rūgštėjant, tiek šarmėjant, įsisavinamumas mažėja.



22 pav. Fosforo formos dirvožemyje priklausomai nuo dirvožemio pH (pagal IPNI)



23 pav. Fosforo trąšų įsisavinamumas esant skirtingam dirvožemio pH

Kalis. Kalis yra vienas pagrindinių augalų mitybos elementų, turintis įtakos daugeliui fiziologinių procesų. Tinkama augalų mityba kaliumu yra labai svarbi jų atsparumui įvairiems stresams: patogenams, šalčiui, oksidatoriams ir sunkiesiems metalams (Amtmann ir kt., 2008; Cakmak, 2010; Römheld, Kirkby, 2010; Zörb ir kt., 2014). Kalio augalų mitybai reikia labai daug – beveik tiek pat, kiek ir azoto (Marschner, 1995). Dirvožemyje kalio atsargos yra didelės, tačiau ne visas jas augalai gali lengvai

pasivieni (Zörb ir kt., 2014). Daugiausia (90–98 proc.) kalio yra dirvožemio mineraluose – lauko špatuose ir žėručiuose, tačiau augalai gali pasivieni tik labai mažą dalį šia forma esančio kalio. Kitas kalio šaltinis dirvožemyje yra nemainų kalis (1–10 proc.), kuris yra 2:1 tipo molio mineraluose. Trečias kalio šaltinis – 1–2 proc. augalų tiesiogiai pasivienamas mainų formos kalis, esantis dirvožemio tirpale (Mengel ir kt., 2001; Rehm, Schmitt, 2002). Augalų pasivienas ir iš dirvožemio išplautas kalis yra papildomas iš nemainų formos, o iš suminės formos jis gali atsivieniuoti dūlant dirvožemio mineralams (Cox ir kt., 1999; Mengel ir kt., 2001). Kalio kiekiui dirvožemyje taip pat turi įtakos dirvodarinė uoliena, dūlėjimo intensyvumas, trąšų naudojimas, išplovimas, erozija ir kalio išnešimas su augalų derliumi (Mažvila ir kt., 2008; Römheld, Kirkby, 2010; Johnson ir kt., 2014; Francos ir kt., 2016).

Kalio kiekis dirvožemyje priklauso ir nuo molio dalelių ir šių dalelių mineralinės sudėties, organinių medžiagų bei humuso kiekio. Pagrindinis kalio kiekis randamas pirminiuose mineraluose, tačiau jo atsivienavimas iš įvairių mineralų yra skirtingas ir tai dalinai priklauso nuo humuso kiekio dirvožemyje. Augalams prieinamo kalio kiekis humusinguose horizontuose gali būti mažesnis nei iš organinės medžiagos plėvele neapsaugotų mineralų (Syers, 1998). Humusas dirvožemyje atlieka mineralų apsaugos funkciją – saugo mineralus nuo suirimo.

Pagal bendrąjį kalio kiekį dirvožemyje negalima spręsti apie augalų apsirūpinimą kaliu. Dirvožemyje kalis yra įvairių formų, tai: aliumosilikatų fiksuotas kalis (dalį jo augalai gali pasivieni po mineralų cheminio–biologinio dūlėjimo, tačiau šis procesas vyksta labai lėtai, todėl šis kalis didesnės reikšmės augalų mitybai neturi), mainų kalis (pagrindinis augalams prieinamo kalio šaltinis), vandenyje tirpus kalis (augalams prieinamas, tačiau jo kiekis nedidelis – 1/10 sorbuoto kalio kiekio), mikroorganizmų plazmoje esantis kalis (augalams prieinamas tik po mikroorganizmų mineralizacijos), dirvožemio fiksuotas kalis (augalams prieinamas tik po išlaisvinimo iš mineralų kristalinių gardelių tarpiluoksnių).

Augalams prieinamo kalio įsisavinamumas priklauso nuo daugelio veiksnių. Pirmiausiai nuo kalio kiekio dirvožemio tirpale, dirvožemio sorbuojamo komplekso (DSK) sorbuoto kalio kiekio, drėgmės kiekio dirvožemyje, dirvožemio tirpalo temperatūros. Didėjant dirvožemio drėgmei sumažėja difuzinio kelio vingiuotumas ir difuzijos greitis padidėja, tai reiškia, kad įsisavinamumas padidėja, o esant pertekliniam drėgmės kiekiui – mažėja. Dirvožemio tirpalo temperatūrai pakilus nuo 10 °C iki 24 °C kalio jonų įsisavinimas padidėja 3,2 karto. Labai svarbu ir dirvožemio aeracija, kuri keičia kalio jonų įsisavinamumo intensyvumą. Deguonies kiekiui dirvožemyje sumažėjus iki 10 proc. ir mažiau, kalio jonų įsisavinamumas sumažėja. Be anksčiau minėtų veiksnių, visų mineralinės mitybos elementų įsisavinamumą didina intensyvi transpiracija, gera dirvos struktūra, optimali mikroorganizmų veikla.

Kiekvienai klimato zonai būdingi saviti dirvodaros procesai, sąlygojami mineralų irimo ir sintezės, organinių medžiagų kaupimosi ir mineralizacijos, kompleksinių organinių ir mineralinių junginių susidarymo, akumuliacijos ir migracijos (Vaišvila, Mašauskas, 2010).

1.4. Maisto medžiagų nuostoliai ir jų atsiradimo priežastys

Dirvožemis – kintanti ekosistemos dalis. Mitybos elementų režimas žemės ūkio naudmenų dirvožemiuose esmingai skiriasi nuo natūralių ekosistemų. Natūralių ekosistemų biotinė bendrija daug įvairesnė, o dėl labiau išvystytos šaknų sistemos augalai geriau pasisavina mitybos elementus visame dirvožemio profilyje, dirvožemyje būna daugiau organinių koloidų, kurie užtikrina jonų apykaitą ir vandens imlumą (Adomaitis, Tripolskaja, 2010). Agroekosistemose savireguliacijos funkcijos yra sumažėjusios, dėl ko suintensyvėja mitybos elementų išplovimas, dirvožemio pH pokyčiai ir kt.

Mineralinės mitybos elementų nuostoliai dirvožemyje atsiranda dėl:

- išplovimo;
- išnešimo su augaline produkcija;
- dirvožemio pH pokyčių;
- azoto transformacijos dirvožemyje (nitrifikacijos procesas);
- cheminės sorbcijos;
- nemainų sorbcijos,
- maisto medžiagų nuplovimo.

Išplovimas. Cheminių elementų judrumas dirvožemyje yra skirtingas. Dideliu judrumu pasižymi azoto mineraliniai junginiai, kalio katijonai, chloro, sieros anijonai. Mažiau judrūs yra fosforo junginiai. Ilgalaikiuose lizimetriniuose tyrimuose (1972–1995 m.) nustatyta, kad Lietuvos dirvožemiuose 90–98 proc. azoto išplaunama nitratų ir tik nedidelis kiekis – amonio jonų pavidalu (Tyla ir kt., 1997). Skirtinguose pagal genezę ir granulimetrinę sudėtį dirvožemiuose azoto junginių koncentracija lizimetriniuose vandenyse per tyrimų laikotarpį keitėsi labai plačiose ribose – nuo 9,7 iki 256 mg L⁻¹ NO₃. Didesnis azoto išplovimas būdingas smėlio ir lengvo priemolio dirvožemiams. Didelę įtaką nitratų koncentracijai vandenyse turi ir meteorologinės sąlygos. Kaip ir nitratų koncentracija filtraciniame vandenyje, taip ir išplaunamo azoto kiekis atskirais metais buvo nevienodas ir tyrimų laikotarpiu svyravo nuo 14,4 iki 126 kg ha⁻¹ N. Fosforo koncentracija lizimetriniuose vandenyse buvo nedidelė, o išplovimo nuostoliai sudarė 1–2 kg ha⁻¹ P.

Mineralinės mitybos elementų išplovimas iš dirvožemio vyksta nuolat ir tai yra natūralus procesas, kurio mechanizmas dar nėra pilnai išaiškintas. Siekiant kuo mažesnių mineralinės mitybos elementų nuostolių, svarbu įvertinti, kokią įtaką elementų išplovimui turi dirvožemio grupė (tipas), vykdoma ūkinė veikla ir jos intensyvumas, klimato sąlygos. Teisingą atsakymą galėtume gauti, tik įvertinę pagrindinius

veiksnius, įtakančius mitybos elementų išplovimą konkrečioje agroekosistemoje su jos dirvožemio kompleksu, daugiamete klimato charakteristika ir pan. (Bučienė, 2009). Iš gamtinių veiksnių svarbiausias drenažo nuotėkio dydis, kuris tiesiogiai priklauso nuo metų kritulių kiekio ir kiek mažiau nuo oro temperatūros. Lietuvoje atliktų tyrimų duomenimis, lietingais metais tiek azoto, tiek fosforo išplovimas iš viršutinių dirvožemio sluoksnių yra apie pusantro karto didesnis nei vidutinio vandeningumo metais (Bučienė, 2008). Elementų išplovimas tiesiogiai susijęs ir su pačio elemento migracinėmis sąvybėmis (judrumu). Prie lengvai išplaunamų elementų priskiriamas azotas – nitratai (NO_3^-) forma, siera – sulfatai (SO_4^{2-}) forma, boras (BO_3^- , H_2BO_3^-) ir chloras (Cl^-) (14 lentelė), t.y. elementai, kurie nesorbuojami dirvožemio sorbuojamojo komplekso (DSK).

Mineralinės mitybos elementų išsiplovimas priklauso ir nuo dirvožemio granulimetrinės sudėties. Nors katijonai sorbuojami dirvožemio sorbuojamojo komplekso, tačiau lenguose dirvožemiuose DSK sorbcinė talpa yra mažesnė ir ne visi jonai apsaugomi nuo išsiplovimo esant pertekliniam kritulių kiekiui.

14 lentelė. Mineralinės mitybos elementų mobilumas ir jų išplovimo galimybė esant pertekliniam laisvo vandens kiekiui dirvožemyje

Elementas	Išplovimo galimybė	Elemento forma
Azotas	vidutinė	NH_4^+
	didelė	NO_3^-
Fosforas	maža	HPO_4^{2-} ; H_2PO_4^-
Kalis	maža (sunkesnės granulimetrinės sudėties dirvožemiuose)	K^+
	vidutinė/didelė (lengvos granulimetrinės sudėties dirvožemiuose)	
Kalcis	maža	Ca^{2+}
Magnis	maža	Mg^{2+}

Lietuvos dirvožemiuose cheminių elementų ir junginių išplovimo seka (pagal kiekį) yra tokia: $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{NO}_3^- > \text{Na}^+ > \text{K}^+$ (Adomaitis, Tripolskaja, 2010).

Dėl antropogeninių veiksnių poveikio mineralinės mitybos elementų išplovimui nėra vieningos nuomonės. Vienu mokslininkų teigimu, intensyvesnis tręšimas skatina elementų migraciją ir išsiplovimą iš dirvožemio, kiti mokslininkai tuo abejoja (Mažvila, Vaišvila, 1992; Tyla, 1995). Vieni nuomonė yra tik dėl perteklinio tręšimo – iš dirvožemio išplaunami tie mineralinės mitybos elementų kiekiai, kurie nepanaudojami augalų.

Iš antropogeninių veiksnių, azoto (dalinais ir fosforo) išplovos dydį veikia augalų rūšis, sėjomaina. Glėžiškuose karbonatinguose rudžemiuose daugiau nitratinio azoto drenažo vandenyje randama auginant

bulves, žeminius kviečius ar miežius su įsėliu, mažiau – auginant daugiamečių žolės, o pačios mažiausios nitratinio azoto koncentracijos buvo nustatytos laikant ilgiametės ganyklas (Bučienė, 2008).

Šiuo metu dar nėra aiškaus atsakymo, ar ūkininkaujant ekologiškai sudarome mažesnes prielaidas mitybos elementų išplovimui. Vieni autoriai teigia, kad mineralinės mitybos elementų išplova per metus ekologiniuose ūkiuose yra mažesnė (Higginbotham, Leake, 2000; Schneider, 2005), kiti, kad gaunami esmingai nesiskiriantys rezultatai (Guzys, 2001; Trewavas, 2004).

Azotas augalams yra svarbiausias mitybos elementas, turintis didžiausią įtaką derliui ir kokybei. Dirvožemyje esančios azoto atsargos lemia šio cheminio elemento trūkumą, kai kuriais atvejais ir perteklių augale. Daugumai žemės ūkio augalų didžiausią reikšmę jų mitybai turi mineralinis azotas. Apie 90–98 proc. mineralinio azoto iš dirvožemio išplaunama nitratų forma.

A. Švedas ir kt. (1999) apibendrinę ilgamečių tyrimų duomenis rekomenduoja maisto medžiagų balanso skaičiavimuose naudoti 15 lentelėje nurodytus išplaunamų medžiagų kiekius kaip normatyvinius.

15 lentelė. Maisto medžiagų išsiplovimas iš dirvožemio pagal klimatinės zonas

Maisto medžiagos	Išplaunama vidutiniškai kg ha ⁻¹		
	Rytų zona	Vidurio zona	Vakarų zona
Azotas (N)	10	12	11
Fosforas (P ₂ O ₅)	1	1	1
Kalis (K ₂ O)	6	8	7

Kituos šaltiniuose teigiama, kad remiantis Lietuvoje atliktų tyrimų duomenimis, skirtingais metais ir skirtingais metų laikais azoto nuostoliai atskirose Lietuvos zonose siekia nuo 14,4 iki 126 kg ha⁻¹ (Triplolskaja, Janušienė, 2010). Daugiausia azoto išplaunama iš lengvos granulimetrinės sudėties dirvožemių, mažiausiai – iš sunkios granulimetrinės sudėties. Kaip rodo tyrimų duomenys, iš ariamų dirvų daugiausiai azoto prarandama rudens ir žiemos laikotarpiais, nes šiuo metu Lietuvoje iškrenta daugiausiai kritulių, o didesnę dalis dirvožemių šiuo laikotarpiu yra be augalų dangos. Azoto junginių migraciją į gruntinius vandenis ženkliai lėtina tankias šaknis turinčios daugiamečių žolės. Natūralios pievos gruntiniame vandenyje nitratinio azoto vidutinė koncentracija yra apie 0,09 mg l⁻¹, kultūrinės ganyklos – 0,97, menkai tręšiamos ariamos žemės – 1,33, o intensyviau tręšiamos ariamos žemės – 16,3 mg l⁻¹ (Staugaitis, 2007). Augalų danga gali sumažinti atmosferos kritulių filtraciją, tačiau negali iš esmės pakeisti mikroorganizmų veiklos. Analizuojant nitratų koncentracijos pokyčius pagal metų periodus pastebėta, kad daugiau nitratų išplaunama žiemą (37,5–38,4 proc.) ir anksti pavasarį (24,6–35,0 proc.). Rudens laikotarpiu išplaunama 18,0–23,0 proc. viso išplauto azoto (Triplolskaja, Romanovskaja,

2010). Nitratų migracijai didelę įtaką turi mėšlas. Labiausiai nitratų migraciją suaktyvina bekraikis mėšlas. Nedidelės mėšlo normos, įterptos kas ketveri metai, azoto išplovimą gali suaktyvinti tik pirmaisiais poveikio metais.

Nitratų išsiplovimą į gilesnius sluoksnius įrodo tyrimai atlikti Lielupės baseino Vidurio Lietuvos šiaurinėje dalyje. Nustatyta, kad žemės ūkio augalų tręšimas vidutinėmis ($N_{90} P_{90} K_{90}$) mineralinių trąšų normomis nitratų koncentraciją 40 cm gylyje vidutiniškai padidino 2,8 karto, o tręštame didesnėmis ($N_{180} P_{180} K_{180}$) normomis – 5 kartus. Dirvožemio 80 cm gylyje nitratų gauta atitinkamai 2,5 ir 5,6 karto daugiau negu netręštoje dirvoje (Staugaitis, 2007).

A. Arlauskienė ir kt. (2024) atlikę išsamius tyrimus teigia, kad auginant tarpinius pasėlius mineralinio azoto koncentracija 0–60 cm dirvožemio sluoksnyje sumažėja nuo 3 iki 15 proc. Vidurio Lietuvoje ir nuo 37–42 proc. Vakarų Lietuvoje.

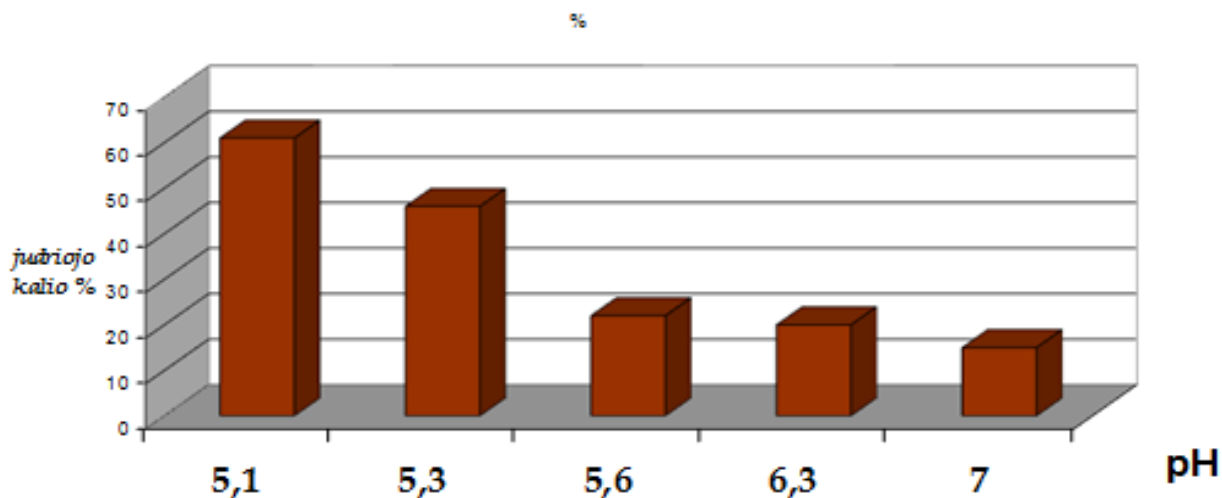
Fosforas (PO_4^{3-}) yra mažiau judrus nei azotas, siera, boras ar kiti cheminiai elementai, tačiau nedideli vandenyje tirpaus fosforo kiekiai gali migruoti į gilesnius dirvožemio sluoksnius ar patekti į gruntinius vandenis. Fosforas dirvožemyje gali migruoti dėl perteklinio jo kiekio. Tačiau daugeliu atvejų, fosforo junginių nuostoliai ir patekimas į vandens telkinius susiję ne su išplovimu, o su fosforo nuplovimu. Upsalos (Švedija) universiteto tyrimų duomenimis, iš Lietuvos dirvožemių fosforo per metus vidutiniškai išplaunama iki $0,25 \text{ kg ha}^{-1}$ (Bergman, 2007). Lietuvos tyrėjai nurodo, kad Lielupės baseino Vidurio Lietuvos šiaurinėje dalyje fosforo išplovimo ir nuplovimo nuostoliai sudaro $1\text{--}2 \text{ kg ha}^{-1}$. Būtina atkreipti dėmesį į tai, kad tręšiant kaulių ir paukščių mėšlu didėja fosforo junginių, susijusių su fulvinėmis rūgštimis, migracija (Титова и др., 1998). Fosforo junginių išplovimas iki 80–100 cm gylio ypač padidėja augalus tręšiant mėšlu kasmet.

Fosforo nuostoliai galimi ir dėl cheminės sorbcijos, kurios metu augalams prieinami fosforo junginiai pereina į augalams neprieinamus junginius (aprašyta 1.3 skyriuje).

G. Kutros (2003) atlikti tyrimai rodo, kad padidinus humuso kiekį dirvožemyje iki 3,0 proc., fosforo išsiplovimas priemolio dirvožemyje sumažėjo nuo 1,7 iki 0,6 proc., lengvo priemolio dirvožemyje – nuo 2,0 iki 0,3 proc. Vadinas kuo dirvožemis mažiau humusingas, tuo didesnė tikimybė fosforo migracijai į gilesnius sluoksnius.

Kalis yra vidutinio judrumo elementas, o jo išplovimas dažniausiai susijęs su dirvožemio granulimetrine sudėtimi, jo formomis dirvožemyje, dirvožemio pH (23 pav.), sezoniškumu ir prasisunkusio vandens kiekiu. Sunkesnės granulimetrinės sudėties dirvožemių sorbcijos talpa yra didesnė, todėl didžioji dalis augalų pasisavinamo kalio yra sorbuota DSK ir šios dirvožemio savybės dėka kalis iš dirvožemio išplaunamas mažai. Iš dirvožemio gali būti išplautas vandenyje tirpus, t.y.

dirvožemio tirpale esantis ir dalinai mainų kalis, kuris pereina į dirvožemio tirpalą. Kitos kalio formos (aliumosilikatų fiksuotas, mikroorganizmų plazmoje esantis ir dirvožemio fiksuotas kalis) esančios dirvožemyje iš dirvožemio neišplaunamos iki nepakeičia formos.



23 pav. Kalio išplovimas priklausomai nuo dirvožemio pH

Kalio per metus dėl išplovimo galima netekti nuo 6 iki 43 kg ha⁻¹. Daugiausiai kalio netenkame žiemos – pavasario laikotarpiu (Mašauskas, 2009).

Kalio nuostoliai galimi ir dėl nemainų sorbcijos, t.y. kalio katijonų fiksavimo. Kalio katijonai gali būti fiksuoti sunkios granuliometrinės sudėties dirvožemiuose. Daugiau kalio katijonų fiksuojama dirvožemio gilesniuose horizontuose, taip pat dažnai jiems džiūstant ar drėgstant. Dirvožemis gali fiksuoti tik ribotą katijonų kiekį. Per laiką fiksuotas kalis gali būti panaudotas augalų, jo prieinamumas augalams priklauso nuo dirvožemio granuliometrinės sudėties. Prieinamumas didesnis lengvesniuose dirvožemiuose. Džiūstant ir drėgstant sunkios granuliometrinės sudėties dirvožemiams, gali būti fiksuota 31–65 proc. su trąšomis įnešto kalio.

G. Staugaitis ir kt. (2021) apibendrinę 50 m. tyrimo rezultatus, teigia kad jei tręšiama mažesne nei optimali trąšų norma, gaunamas mažesnis ir prastesnės kokybės derlius, jei didesne – augalai nesunaudoja ištręštų maisto medžiagų ir jos kaupiasi dirvožemyje, dalis cheminių elementų išplaunama į gilesnius sluoksnius. Kai augalai netręšti azotu, po derliaus nuėmimo dirvožemio 0–60 cm sluoksnyje mineralinio azoto nustatyta vidutiniškai 37 kg ha⁻¹, kai tręšta optimalia N₁₀₈ norma – 56 kg ha⁻¹, N₂₁₆ – 87 kg ha⁻¹, o šia N norma patręšus be fosforo trąšų – net 104 kg ha⁻¹. Pavasari mineralinio azoto kiekis svyruoja 35–50 kg ha⁻¹, o per žiemą iš rudens buvęs didesnis jo kiekis išplaunamas į gilesnius dirvožemio sluoksnius arba gruntinius vandenis. Didelių azoto trąšų normų taršą patvirtina ir nitratų koncentracija dirvožemio 40 cm gylyje. Per metus iš azotu netręštų laukelių nitratų išplaunama vidutiniškai 68 kg ha⁻¹,

tręštų N₁₀₈ norma N – 178 kg ha⁻¹, N₂₁₆ norma fosforo ir kalio trąšų fone – 299 kg ha⁻¹, o šią normą N įterpus be fosforo ir kalio trąšų – net 510 kg ha⁻¹. Kai tręšta P₅₀, judriojo fosforo (P₂O₅) koncentracija dirvožemyje nepakito. Tręšiant P₉₅, po 50 metų dirvožemyje P₂O₅ padidėjo vidutiniškai iki 324 mg kg⁻¹, P₁₈₀ – net iki 529 mg kg⁻¹. Analogiški buvo ir judriojo kalio (K₂O) kiekio dirvožemyje tyrimo rezultatai, bet nustatyti mažesni intervalo svyravimai. Netręšiant kaliu, ir prieš bandymo įrengimą, ir po 50 metų dirvožemyje jo nustatyta 89–100 mg kg⁻¹. Tręšiant K₉₅, po 50 metų dirvožemyje K₂O koncentracija padidėjo vidutiniškai iki 127 mg kg⁻¹, tręšiant K₁₈₀ – iki 220 mg kg⁻¹. Iš lengvo priemolio į 40 cm gylį fosforo ir kalio išplaunama nedaug. Net ir tręšiant didžiausiomis normomis, fosfatų (PO₄³⁻) išplauta 4,2–4,9 kg ha⁻¹, kalio jonų (K⁺) – 6,8–8,0 kg ha⁻¹. Tręšiant optimaliomis trąšų normomis, išplovimas sudaro tik trečdalį šio kiekio. Siekiant efektyvesnio mineralinių trąšų panaudojimo, karbonatingus išplautžemius, esant vidutinėms judriųjų fosforo ir kalio koncentracijoms, rekomenduojama tręšti kompleksiskai visais mitybos elementais; sėjomainoje optimali trąšų norma yra N₁₀₈P₆₄K₉₆.

Kalcis (Ca²⁺) ir magnis (Mg²⁺). Pagal cheminių elementų ir junginių išplovimo seką, didžiausi nuostoliai yra kalcio jonų. Išplaunamų kalcio ir magnio jonų kiekio priklausomumas nuo kritulių kiekio pateiktas 16 lentelėje, dėl tręšimo mineralinėmis trąšomis 17 lentelėje.

16 lentelė. Kritulių įtaka kalcio išplovimui iš dirvožemio

Kritulių kiekis mm	Išplauta Ca kg ha ⁻¹	
	iš priemolių	iš priesmėlių
868	555	484
847	491	405
733	356	263
672	242	249
556	205	136

17 lentelė. Tręšimo įtaka kalcio išplovimui iš dirvožemio

Tręšimas	Priemolis		Priesmėlis	
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Netręšta mineralinėmis trąšomis	37	7	51	10
Tręšta N ₁₇₀ P ₁₇₀ K ₁₇₀	93	14	117	25

Mažiausiai tiek vieno, tiek kito elemento išplaunama auginant dobilus ir daugiameles žoles. Vidutiniais LAMMC Vokės filialo duomenimis, iš skirtingų grupių dirvožemių išplauto kalcio kiekis siekė nuo 77,7 iki 258,6 kg ha⁻¹, o magnio kiekis – 15,8–112,7 kg ha⁻¹ (Tripolskaja, Janušienė, 2010).

A. Povilaičio ir kt., (2018) tyrimo rezultatus matyti, kad tikslinga drenažo sistemų tranšėjas užpildyti medžio skiedromis, šiaudais ir kalkėmis. Nitratų koncentracijas sumažino atitinkamai: 78 proc., 69 proc. ir 5 proc. A. Rudzianskaitė ir L. Misevičienė (2019) teigia, kad kontroliuojamas drenažas neturi tiesioginio poveikio fosforo ir azoto koncentracijoms drenažo vandenyje, tačiau turi įtakos šių medžiagų kiekiams, patenkantiems į gamtinę aplinką.

Aplinkos apsaugos agentūros ataskaitoje (2015) nurodoma, kad azoto ir fosforo apkrovos mažinimui paviršiniams vandenims, pirmenybė turi būti teikiama agronominėms priemonėms: subalansuotas tręšimas, sėjomaina, žemės dirbimas, tręšimo terminai ir t. t. Techninės-inžinerines priemones naudoti tik tada, kai agronominėmis priemonėmis negalima pasiekti norimo rezultato.

S. Maikštėnienė, L. Masionytė (2011) palygino tradicinę žemdirbystę su ekologine ir nustatė, kad ekologinė žemdirbystė ženkliai sumažina išsklaidytą azoto taršą agroekosistemose. A. Šileika, S. Gužys (2003) nustatė, kad chloridų (Cl⁻) ir nitratų koncentracijos sausinimo sistemos vandenyje buvo atitinkamai 8–22 ir 24–80 proc. mažesnės ekologinės žemdirbystės plotuose lyginant su intensyvia žemdirbyste. G. Bagio (2008) atlikti tyrimai parodė, kaip vien tik žemės dirbimas lemia nitratų išsiplovimui sausinimo sistemomis. Metinis nitratų išsiplovimas net 55 proc. mažesnis iš minimalaus žemės dirbimo laukų lyginant su tradiciniu žemės dirbimu (gilus arimas).

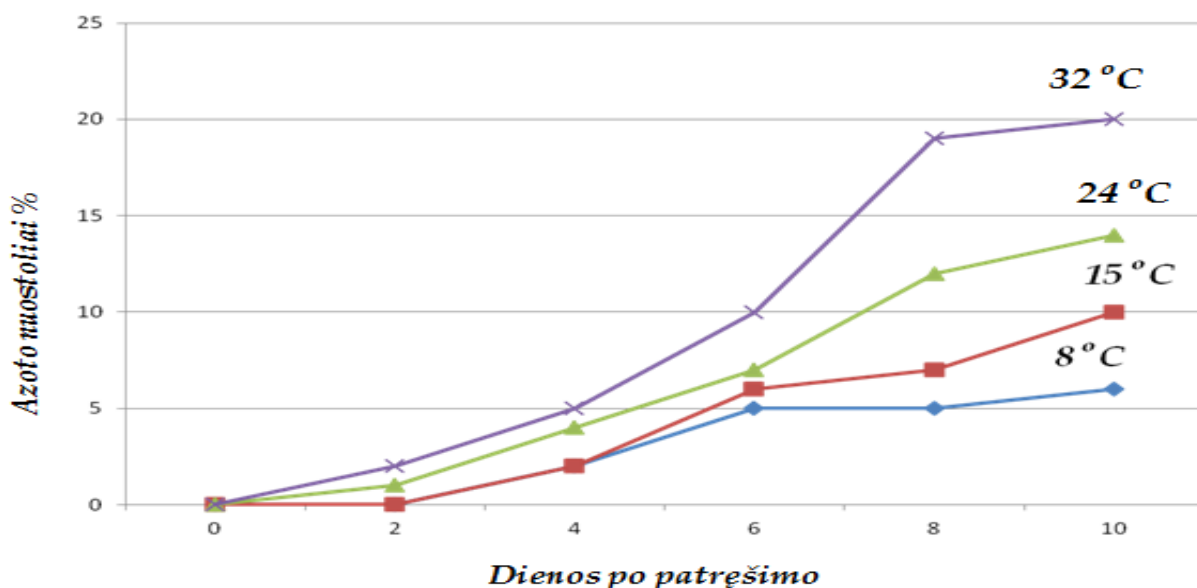
Azoto nuostoliai dėl nitrifikacijos (amoniakinio azoto oksidavimas iki nitratų). Kuo lėčiau vyksta nitrifikacijos procesas dirvožemyje, tuo mažiau (lėčiau) susidaro azoto nitratų forma, kuris lengvai išplaunamas į glesnius dirvožemio sluoksnius ar vandens telkinius. Nitrifikacijos procesas vyksta intensyviai artimuose neutraliems, neutraliuose ir šarmiškuose dirvožemiuose, kai dirvožemio kapiliarinė drėgmė 60–70 proc., o aplinkos temperatūra 25–32 °C. Nitrifikacijos greičiui įtakos turi žemės dirbimas, kalkinimas ir tręšimas. Žemę dirbant, dirvožemyje daugėja deguonies, intensyvėja ir nitrifikacijos procesas. Taip pat nitrifikacijos (*Nitrosomonas* ir *Nitrobacte*) bakterijų veikla suaktyvėja dirvožemį pakalkinus, o dėl to intensyvėja ir nitrifikacijos procesas. Kai dirvožemyje pakanka organinių medžiagų, nitrifikacijos metu gali susidaryti apie 300 kg ha⁻¹ nitratinio azoto per metus.

Azoto nuostoliai dėl išgaravimo. Azoto nuostoliai dėl išgaravimo galimi vykstant denitrifikacijos procesui, kai nitratinis azotas, esant pertekliniam drėgmės kiekiui dirvožemyje, žemai temperatūrai, rūgščiam ar labai šarminiam dirvožemiui transformuojasi į azoto oksidus (NO; N₂O) ir laisvą azotą (N₂) (18 lentelė).

18 lentelė. Azoto nuostoliai skirtingos granuliuotinės sudėties dirvožemiuose dėl denitrifikacijos

Dirvožemio granuliuotinė sudėtis	Azoto nuostoliai dėl denitrifikacijos
Smėlis	11–25
Molis	16–31
Durpės	19–40

Azoto nuostoliai galimi ir netinkamai naudojant amidines azoto trąšas. Visais atvejais, augalų amidinėmis azoto trąšomis negalima tręšti pakrikai, neįterpiant į dirvą, kai aplinkos temperatūra yra daugiau nei 15 °C (24 pav.).



24 pav. Azoto nuostoliai dėl išgaravimo, karbamido neįterpiant į dirvą (Jodaugienė ir kt., 2017)

Išnešimas su augaline produkcija. Skirtingos rūšies augalai sunaudoja skirtingus mineralinės mitybos elementų kiekius, todėl elementų nuostoliai dėl šios priežasties nėra vienodi. Žemės ūkio augalams parenkant tinkamus mitybos elementų kiekius ir jų santykius, reikėtų vertinti ne vien tik derliaus dydį, bet ir jame būtina nustatyti sukauptų šių elementų kiekius, apskaičiuoti jų balansą ir cheminėmis analizėmis iširti jų pokyčius dirvožemyje (Baxter ir kt., 2006; Balik ir kt., 2019; Kirchmann ir kt., 2020). Tačiau tai labiau aktualu moksliniuose tyrimuose, tuo tarpu kiekviename ūkyje ir kiekviename lauke iširti tiksliai su išauginta produkcija išnešamus NPK kiekius būtų pakankamai sudėtinga. NPK kiekiai produkcijoje priklauso nuo tręšimo lygio ir NPK trąšų santykio (Vaišvila ir kt.,

2024), taip pat nuo dirvožemio savybių, žemės dirbimo, priešėlių ir kitų taikomų atgrotechninių priemonių.

Skaičiuojant maisto medžiagų (NPK) balansą būtų galima pasinaudoti apibendrintais duomenimis (19 lentelė), tačiau jie taip būtų tik apytiksliai ir konkrečiu atveju galėtų skirtis. Žinant augalų derlingumą iš konkretaus lauko ir remiantis 19 lentelėje pateiktais NPK kiekiais galima būtų apskaičiuoti kiek su augalinkystės produkcija yra išvežama šių maisto medžiagų, jei šalutinė produkcija (šiaudai, kūlenos, lapai) yra paliekama lauke.

19 lentelė. Augalų iš dirvos paimamų maisto medžiagų (NPK) kiekis (Jodaugienė ir kt., 2014)

Augalas	Produkcija	Derlingumo perskaičiavimo koeficientai (lyginant su pagrindine produkcija)	Maisto medžiagų kiekis kg t ⁻¹		
			Azoto (N)	Fosforo (P ₂ O ₅)	Kalio (K ₂ O)
Žieminiai kviečiai	grūdai	1	18,2	7,2	4,8
	šiaudai	1,2–1,4	4,6	4,6	9,3
Žieminiai rugiai	grūdai	1	15,4	6,6	5,1
	šiaudai	1,3–1,6	5,6	3,5	19,9
Vasariniai miežiai	grūdai	1	15,6	7,0	6,1
	šiaudai	0,8–0,9	5,8	1,2	14,8
Avižos	grūdai	1	16,9	8,0	5,7
	šiaudai	1,4–1,5	6,6	2,7	15,4
Vasariniai kviečiai	grūdai	1	16,2	5,6	4,7
	šiaudai	1,2–1,4	5,4	1,8	10,1
Žieminiai rapsai	sėklos	1	29,8	7,4	5,0
	kūlenos	1,5–1,7	5,3	1,8	4,2
Vasariniai rapsai	sėklos	1	36,5	8,9	8,2
	kūlenos	1,4–1,6	7,3	1,5	5,0
Grikliai	sėklos	1	23,8	4,0	4,0
	kūlenos	3,2–7,9	5,4	1,6	3,7
Linai	sėklos	1	34,5	7,3	7,9
	stiebai	0,7–0,9	5,2	0,5	1,0
Pašarinės pupos	sėklos	1	43,9	4,3	7,3
	kūlenos	1,0–1,4	6,7	0,4	6,8
Žirniai	sėklos	1	31,6	4,7	7,7
	kūlenos	1,0–1,3	14,2	2,4	6,4

Lubiniai	sėklos	1	57,4	6,8	9,0
	kūlenos	2,2–4,2	11,6	4,4	11,8
Vikiai	sėklos	1	38,6	4,0	7,0
	kūlenos	1,2–1,5	11,0	3,1	5,9
Bulvės	gumbai	1	4,2	1,4	4,9
	bulvienojai	0,2–0,3	0,5	0,2	0,6
Cukriniai runkeliai	šakniavaisiai	1	1,9	0,7	2,3
	lapai	0,6–0,7	1,4	1,3	3,5
Pašariniai runkeliai	šakniavaisiai	1	2,5	0,8	5,0
	lapai	0,3–0,5	1,1	0,3	3,1
Kukurūzai	silosui	1	4,4	1,1	6,1
Rugiai	žaliajam pašarui	1	1,1	0,3	1,2
Rapsai	žaliajam pašarui	1	2,2	1,0	2,7
Lubinų–žirnių mišinys	žaliajam pašarui	1	4,9	0,6	2,3
Vikių–avižių mišinys	žaliajam pašarui	1	5,9	1,5	5,9
	silosui	0,8–0,9	7,8	2,0	7,9
	šienainiui	0,5–0,7	13,7	3,5	13,9
	šienui	0,1–0,25	19,5	5,0	19,8
Daugiametės žolės (ankštinės)	žaliajam pašarui	1	6,2	1,5	7,1
	silosui	0,8–0,9	8,2	2,0	9,5
	šienainiui	0,6–0,8	10,3	2,5	11,9
	šienui	0,1–0,3	20,6	5,0	23,7
Daugiametės žolės (ankštinės-varpinės)	žaliajam pašarui	1	5,4	1,4	6,1
	silosui	0,8–0,9	7,2	1,9	8,1
	šienainiui	0,5–0,6	12,5	3,4	14,2
	šienui	0,1–0,25	17,9	4,8	20,3
Kultūrinės pievos	žaliajam pašarui	1	5,6	1,3	7,0
	silosui	0,8–0,9	7,8	1,8	9,3
	šienainiui	0,5–0,6	13,7	3,1	16,2
	šienui	0,1–0,2	19,5	4,4	23,2
Kultūrinės ganyklos	žaliajam pašarui	1	6,4	2,0	8,3

Dažnu atveju yra remiamasi atliktų tyrimų duomenimis, kuriais yra nustatyta kiek kuriam augalui reikia mineralinės mitybos elementų siekiant išauginti planuojamą derlingumą (20 lentelė).

20 lentelė. Įvairių augalų derliui išauginti sunaudojamas makroelementų kiekis kg t^{-1} produkcijos

Augalai	Azoto	Fosforo	Kalio
Žieminiai rugiai	21	10	25
Žieminiai kviečiai	23	12	20
Vasariniai rapsai	40	20	37
Žieminiai rapsai	45	20	30
Žieminiai kvietrugiai	22	11	22
Vasariniai kviečiai	22	10	20
Miežiai	21	10	21
Avižos	24	11	21
Vikių–avižų mišinys (grūdai)	40	16	22
Vikių–avižų mišinys (žalioji masė)	6	2	5
Linai (sėmenys)	80	40	80
Linai (stiebeliai)	6	5	10
Cukriniai runkeliai	3	2	5
Daugiametės ankštinės	–	5	24
Daugiametės varpinės	18	5	20
Kukurūzai (silosui)	3	1	4
Bulvės	4	2	6

Tačiau naudoti šiuos kiekius galima tik tuo atveju, kai visa užauginta produkcija yra išvežama iš lauko.

1.5. NPK (azoto, fosforo, kalio) kompensavimo galimybės

Ūkininkai turi didinti dirvožemio gyvybingumą įvairiomis priemonėmis, kad dirvožemis būtų derlingas ir būtų išlaikyta pusiausvyra. Be mineralinių trąšų, reikia taikyti ilgalaikę sėjomainą (augalų rotaciją), auginti pakankamai ankštinių (pupinių) augalų, naudojamų dirvai kaip azoto šaltinis, taip pat auginti tarpinius pasėlius, tręšti organinėmis trąšomis – mėšlu, srutomis, kompostu ir kt.

1.5.1. Mineralinės trąšos ir jų poveikis aplinkai

Augant pasaulio gyventojų skaičiui didėja energijos ir žaliavų paklausa, žemės ūkis patiria didesnį spaudimą. Dėl to, nenuostabu, kad per pastaruosius dešimtmečius poveikis aplinkai dėl žemės ūkio sektoriaus veiklos gerokai padidėjo. Efektyvioje augalininkystėje maistinių medžiagų įnešimas į

dirvožemį yra būtinas. Populiariausias ir svarbiausias būdas praturtinti dirvožemio maistinių medžiagų kiekį yra mineralinių trąšų naudojimas.

Mineralinės trąšos, neorganiniai junginiai, turintys augalų mitybai būtinų elementų. Aprūpina augalus pagrindinėmis maisto medžiagomis – azotu, fosforu ir kaliumu, kalciumu, magniu, mikroelementais, didina augalų derlingumą, gerina jų produkciją, dirvožemio fizikines, chemines ir biologines savybes.

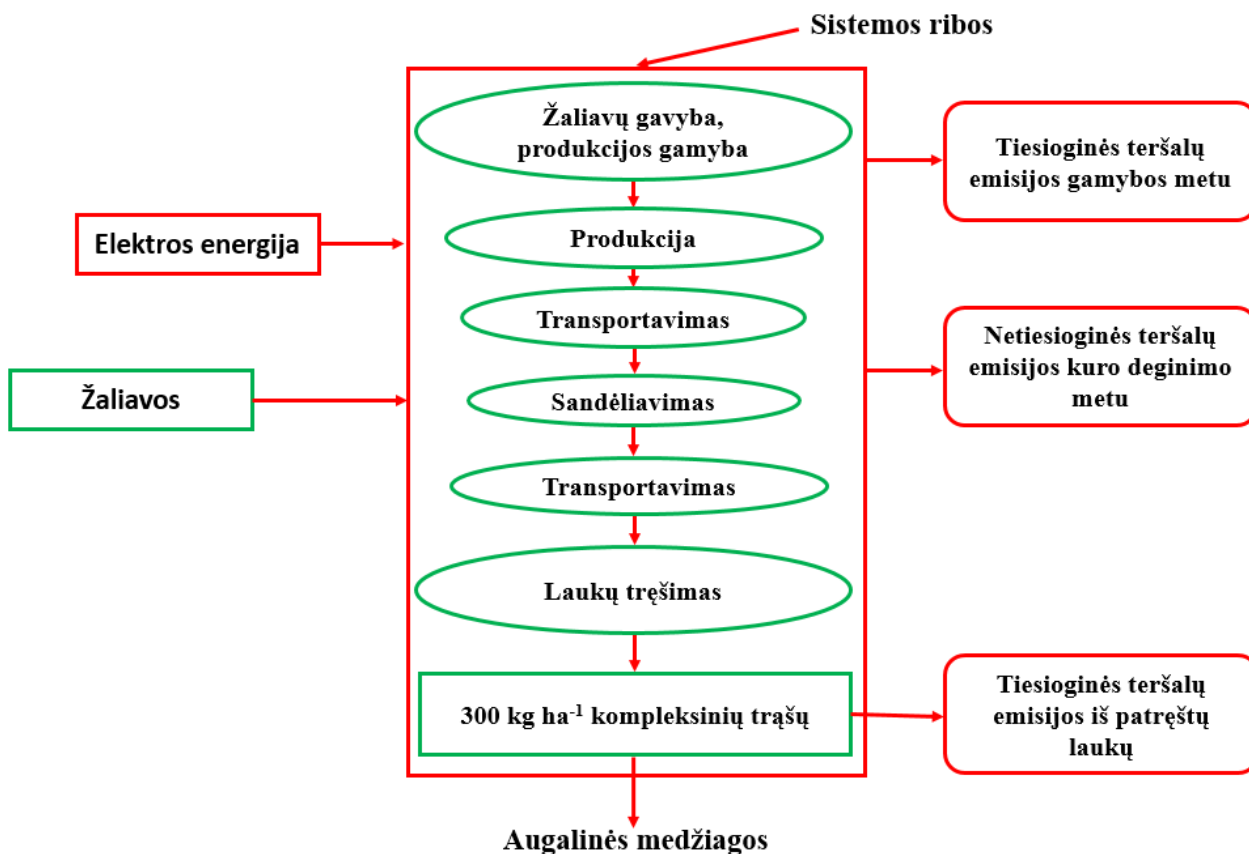
Augalų pasisavinamų azoto, fosforo ir kalio kiekiai mineralinėse trąšose nurodomi trąšų saugos duomenų lape arba ant pakuočių procentais.

2 lentelėje pateikiamos dažniausiai augalų tręšimui naudojamos trąšos ir maisto medžiagų kiekis jose. Kompleksinės trąšos gali būti su labai įvairiu NPK santykiu, todėl 20 lentelėje nurodomos ribos nuo – iki. Labai didelis pasirinkimas ir įvairovė kompleksinių trąšų yra todėl, kad skiriasi auginami augalai ir jų poreikiai, taip pat jų naudojimas priklauso nuo laiko ir dirvožemyje esančių maisto medžiagų kiekio. Atsižvelgus į šiuos paminėtus veiksnius, reikia pasirinkti NPK trąšas, kurios labiausiai atspindėtų poreikius.

20 lentelė. Maisto medžiagų kiekis procentais dažniausiai naudojamose mineralinėse trąšose

Produktas	Maisto medžiagos kiekis, %		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Karbamidas	46		
Amonio nitratas	33,5		
Amonio sulfatas	21		
Kalcio amonio nitratas	27		
Natrio nitratas	16		
KAS-32	32		
Monoamonio fosfatas (MAP)	11	52	
Diamonio fosfatas (DAP)	18	46	
Trigubas superfosfatas (TSP)		46	
Kalio chloridas			60
Kalio sulfatas			50
Įvairios NPK	5–30	5–30	5–30

Tačiau, intensyvus mineralinių trąšų naudojimas, siekiant padidinti augalų derlingumą, turi neigiamos įtakos aplinkai įvairiais aspektais: nitratų išplovimu į gruntinius vandenis, eutrofikacijos procesų suintensyvėjimu, dirvožemio elementų pusiausvyros sutrikimais, azoto oksidų tarša. Be to, mineralinių trąšų gamybos metu į aplinką patenka daug šiltnamio efektą sukeliančių dujų bei šis procesas reikalauja didelių energijos, bei žaliavų išteklių (Hasler ir kt., 2015) (25 pav.).



25 pav. Supaprastinta mineralinių trąšų būvio ciklo schema (Hasler ir kt., 2015)

Daugelis tokio pobūdžio tyrimų atskleidė, kad žemės ūkio indėlis, vertinant visame pasaulyje išmetamų šiltnamio dujų kiekį, sudaro 10–12 proc., iš kurių 38 proc. sudaro trąšų gamybos metu susidariusios šiltnamio dujos (Hasler ir kt., 2015).

Kalbant apie azoto trąšas, tai jų gamyba susideda iš kelių etapų, kurių metu į aplinką išsiskiria šiltnamio efektą skatinančių dujų emisijos. Visų pirma, amoniako gamybos metu į aplinką intensyviai išmetamas anglies dvideginis, nes šis procesas reikalauja daug energijos, kuri dažniausiai išgaunama kietojo kuro degimo metu. Antra, N-trąšų sintezės iš amoniako metu tiesiogiai į aplinką išmetami tokie azoto junginiai, kaip N ar NO₂ (Kahrl ir kt., 2010). Panašaus gamybos proceso supaprastinta schema pateikta pirmame paveiksle (25 pav.).

Taigi, vertinant cheminių trąšų įtaką tvariam žemės ūkio vystymuisi, būtina atsižvelgti, ne tik į jų teikiamą naudą didinant žemės ūkių produktyvumą, bet ir į aplinkosauginius aspektus, kuriuos reikėtų vertinti analizuojant visą cheminių trąšų būvio ciklą. Būtina didinti ne tik cheminių trąšų naudojimo efektyvumą, bet ir jų gamybos procesų produktyvumą bei veiksmingumą, mažinant daromą poveikį aplinkai.

Vandens tarša. Trąšos gruntinius ir paviršinius vandenius gali pasiekti trimis būdais: infiltracijos, išplovimo ir nuotekio. Netgi idealiomis sąlygomis tręšiant, augalai naudoja tik 50 proc. azotinių trąšų, 2–20 proc. išgaruoja, 15–25 proc. sureaguoja su organiniais junginiais bei dirvožemio dalelėmis, o likę 2–10 proc. gali patekti į paviršinius ir gruntinius vandenius (Savci, 2012).

Pastaraisiais dešimtmečiais daugelio Europos regionų upėse, ežeruose ir požeminiuose vandenyse nuolat didėja nitratų koncentracija. Šis procesas daugelyje šalių tampa viena iš pagrindinių aplinkosaugos problemų. Išplaunamų iš dirvožemio nitratų kiekį lemia daug veiksnių, tačiau pagrindinis yra žemės ūkio intensyvinimas ir specializavimas. Didelis pavojus kyla, kai yra gausiai naudojamos neorganinės azoto trąšos (Pocienė, Pocius, 2008).

Taršos nitratais rizika iškyla tada, kai greta požeminio ar paviršinio vandens telkinio vykdoma intensyvi ūkinė veikla. Žinoma nemažai iš dirvožemio išplaunamų nitratų susidaro ne tik iš neorganinių trąšų, nitrifikuojantis amonio trąšoms, bet ir mineralizuojantis organinėms trąšoms bei humusui (Pocienė, Pocius, 2008).

Aukštos nitratų koncentracijos geriamajame vandenyje yra žalingos. Patys nitratai nėra toksiški ir greitai pasišalina iš organizmo, tačiau jie gali redukuotis iki toksiško nitrito, kuris gali sukelti virškinimo sistemos ir šlapimo takų sutrikimus. Tačiau, pagrindinės ligos, kurias gali sukelti geriamojo vandens tarša nitratais, yra kūdikių metamoglinemija (Pocienė, Pocius, 2008; Savci, 2012).

Vienas iš svarbiausių intensyvaus trąšų naudojimo neigiamų poveikių yra paviršinių vandens telkinių eutrofikacija. Eutrofikacija – biogeninių medžiagų (dažniausiai azoto ir fosforo junginių pertekliaus) sukeltas ekosistemos kitimas. Įprastai eutrofikacijos procesas pasireiškia paspartėjusiu augalijos augimu, sąlygojančiu rūšinės įvairovės nykimą, nes sparčiai auga tik kai kurios rūšys, sutrikdomi įprasti ekosistemos trofiniai (maistiniai) ryšiai ir ilgainiui skatinamas augalų bei nuo jų priklausančių gyvūnų rūšių nykimas arba migracija. Eutropijos stadijoje vandens telkinio produktyvumas ypatingai sustiprėja, dėl ko sunaudojamas deguonis, kas lemia augalų ir gyvūnų nykimą. Skatinamas anaerobinių bakterijų dauginimasis, kurios savo ruožtu, skaido organinę medžiagą išskirdamos vandenilio sulfidą. Palaipsniui šie procesai paverčia vandens telkinį pelke (Savci, 2012; Rutkuvienė, Sabienė, 2008).

Eutrofikacija gali vykti kaip natūralus procesas, taip pat, be nesaikingo tręšimo, ją neretai paspartina ir pramoninė oro tarša, nevalytos komunalinės nuotekos. Ekologiniu požiūriu eutrofikacija reiškia sumažėjusią rūšinę įvairovę, tarprūšinių santykių pokyčius ir toksiškumą. Tai turi įtakos ir žmogui, nes sumažinamos galimybės tokiais veiklais kaip žvejyba, medžioklė ar estetinis gėrėjimasis

aplinka. Kai kuriais atvejais, pavyzdžiui, telkiniuose, kuriuose padaugėjus nuodingas medžiagas (fitotoksinus) išskiriantiems dumbliams, kyla grėsmė žmogaus sveikatai (Rutkuvienė, Sabienė, 2008).

Eutrofikacija, kaip taršos problema, buvo identifikuota 20 a. viduryje, nuo to laiko ši problema tik aštrėja. Iki 2008 metų atlikti tyrimai rodo, kad Azijoje 54 ežerų, Europoje 53, Šiaurės Amerikoje 48, Pietų Amerikoje 41, Afrikoje 28 yra eutrofikuoti. Lietuvoje šis procesas taip pat intensyviai vyksta. Dėl šalies žemės ūkio veiklos į Baltijos vandenį patenka apie 25 tūkst. tonų azoto ir virš 2 tonų fosforo, tai yra 25–35 proc. viso į upes patenkančio kiekio. 2006 metais ištyrusi 130 Lietuvos upių vandens kokybę J. Vaitiekūnienė nustatė, kad apie 72 proc. fosforo ir 98 proc. nitratų į šalies vandenį patenka dėl žemės ūkio taršos. Siekiant sustabdyti vandens telkinių eutrofikaciją, taikomas vandens valymas, trąšų ir taršos kontrolė (Rutkuvienė, Sabienė, 2008; Adomaitis ir kt., 2010).

Dirvožemio tarša. Pasak atliktų tyrimų ir studijų, cheminių trąšų poveikis dirvožemiui yra ne iš karto aiškus. Pradžioje poveikis gali būti nepastebimas, nes dirvožemis dėl savo sudėties yra stiprus buferis. Tačiau, laikui bėgant, intensyvus mineralinių trąšų naudojimas lemia dirvožemio derlingumo pablogėjimą, dirvožemio degradacijos reakcijos pablogėjimą, kas sukelia įvairių elementų pusiausvyros sutrikimus. Tokiu atveju, toksinės medžiagos kaupiasi šalia augalų, kurių vartojimas sukelia neigiamą poveikį žmonėms ir gyvūnams (Savci, 2012).

Nesąmoningai pasirinktos azotinių trąšų tręšimo normos pablogina dirvožemio struktūrą, sukelia jo rūgštėjimą ir lemia žemės ūkio veiklos efektyvumo sumažėjimą. Didesni azoto kiekiai apriboja nitrifikuojančių bakterijų bei kitų mikroorganizmų veiklą. Todėl biologinio azoto pasisavinimas yra apribojamas ir patiriami didesni nuostoliai, vertinant visą dirvožemio azoto ciklą. Be to, pertręšiant pievas ar dirvas azoto trąšomis, išbujoja nitrofilai (dilgėlės, usnys, varnalėšos, kiečiai), užgoždami natūralias augalų bendrijas ir žemės ūkio augalus (Savci, 2012; Stravinskienė, 2009).

Gausiai naudojant trąšas, didelė kliūtimi racionaliai naudoti dirvožemį, tampa jo tarša toksinėmis medžiagomis – sunkiaisiais metalais, radionuklidais. Toksiškos medžiagos suardo natūralius sistemos „augalas-dirvožemis“ ryšius, mažina dirvožemio biologinį aktyvumą. Be to, toksinės medžiagos su augaliniu maistu gali patekti į gyvūnų ir žmonių organizmus ir sukelti apsinuodijimus ar turėti mutagininį ar kancerogeninį poveikį (Savci, 2012; Rutkuvienė, Sabienė, 2008). Pavyzdžiui, dideli kalio trąšų kiekiai išbalansuoja Fe ir Zn elementų pusiausvyrą, dėl ko sutrinka maistinių medžiagų pasisavinimas augaluose. Tačiau, didžiausias šių trąšų pertekliaus poveikis pastebimas dirvožemio mikroorganizmams, nes subalansuotas kalio trąšų naudojimas sukelia įvairių kirminų ir dirvožemio erkių žūtį (Savci, 2012).

Oro tarša. Nesubalansuotas ir neefektyvus mineralinių trąšų naudojimas prisideda prie šiltnamio efekto problemos. Be saiko vartojant azotines trąšas, į orą patenka azoto oksidai (NO, N₂, NO₂), kurie ir

skatina šiltnamio efekto problematiškumą (Savci, 2012). Tačiau, tai tik tiesioginio trąšų naudojimo poveikis oro kokybei. Daug sudėtingesnis ir plačiau aptariamas poveikis aplinkos kokybei, šiuo atveju kalbant būtent apie orą, yra vertinant visą mineralinių trąšų būvio ciklą.

Būvio ciklo vertinimas – puiki priemonė leidžianti kiekybiškai ir kokybiškai įvertinti įvairių produktų poveikį aplinkai per visą jo gyvavimo ciklą. Šiuo metodu yra įvertinamas visas produkto gyvavimo ciklas (nuo pagaminimo iki suvartojimo) – žaliavos gavyba ar gamyba, jos perdirbimas ir transportavimas, pagrindinių ir šalutinių produktų gamyba, atliekų šalinimas arba jų panaudojimas, produkto ir jo liekanų naudojimas (25 pav.) (Hasler ir kt., 2015; Navickas, Venslauskas, 2012).

1.5.2. Organinės trąšos

Organinės trąšos – būtinas darnaus ir ilgalaikio agroekosistemos funkcionavimo komponentas tiek įprastiniame, tiek ekologiniame ūkyje. Jos turi įtakos įvairiausioms dirvožemio savybėms (fizikinėms, cheminėms ir kt.), augalų vystymuisi, dirvožemio gyvųjų organizmų aktyvumui ir gausumui (Tripolskaja, 2005).

Natūraliose ekosistemose dirvožemio organinės medžiagos nuolat papildomos augančių augalų liekanomis, suformuojant būdingą kiekvienam dirvožemiui organinės medžiagos balansą. Agroekosistemose dėl žmogaus veiklos dažniausiai aktyvuojami organinių junginių mineralizacijos procesai, dėl ko būtinos papildomos priemonės, siekiant išsaugoti optimalų organinės medžiagos balansą dirvožemyje.

Labiausiai paplitusios organinių medžiagų kiekio papildymo dirvožemyje priemonės – tai tręšimas organinėmis trąšomis ir daugiamečių žolių auginimas. Esminius pokyčius galima pasiekti tik sistemingai tręšiant organinėmis trąšomis arba auginant daugiameses žoles. Vienkartinis šių priemonių panaudojimas gali tik trumpam laikui padidinti organinių medžiagų atsargas dirvožemyje (Tripolskaja, 2005).

Organinėse trąšose augalų maisto elementai yra organinėse medžiagose ir jie tiesiogiai jų paimti negali. Tik po organinių junginių mineralizacijos, dalyvaujant įvairiems mikroorganizmams ir fermentams, jie pavirsta į mineralinius junginius, kuriuos augalai naudoja mitybai.

Organinių medžiagų funkcijos agroekosistemoje:

- organinės trąšos yra organinių ir maistingųjų medžiagų šaltinis natūralioje gamtoje ir žemdirbystėje;
- organinės trąšos teigiamai veikia dirvožemio biochemines, agrochemines, fizikines savybes ir mikrobiologinę dirvožemio medžiagų transformaciją;

- organinės trąšos kompensuoja vienpusišką mineralinių trąšų poveikį ir didina jų efektyvumą, ir šis poveikis didėja esant mažesniai dirvožemio derlingumui;
- organinės trąšos yra reikšminga priemonė gamtos apsaugoje, teigiamai veikianti dirvožemio savybes bei augalus, prisilaikant optimalios naudojimo sistemos ir augalų auginimo agrotechnikos.

Organinių trąšų yra įvairių: mėšlas, srutos, paukščių išmatos, kompostai iš įvairių organinių medžiagų, fekalijos, durpės, sapropelis, šiaudai, sideratai, vermikompostai, buitinių atliekų kompostai ir kt. Organinės trąšos skiriasi savo kilmę, chemine sudėtimi, gamybos ir laikymo sąlygomis, todėl skiriasi jų poveikis dirvožemio savybėms ir augalų produktyvumui. Labiausiai paplitusios organinės trąšos: šiaudų kraiko mėšlas, bekraikis mėšlas, kompostai iš mėšlo arba paukščių išmatų, kiek mažiau šiuo metu – durpių kraiko mėšlas. Pastaruoju metu, ypač augalininkystės ūkiuose, paplitęs šiaudų ir žaliosios trąšos naudojimas. Kai kur tręšimui naudojamos įvairios pramoninės atliekos kaip defekatas, hidrolizinis ligninas, medžių žievė bei pjuvenos ir kt. augalinės atliekos. M. Škarda (1985) organines trąšas siūlė klasifikuoti pagal jų kilmę (21 lentelė).

21 lentelė. Organinių trąšų klasifikacija pagal jų kilmę

Organinės trąšos	Gyvulinės ir augalinės kilmės	Iš gyvulininkystės fermų	Mėšlas
			Skystieji gyvulių ekskrementai
			Srutos
			Bekraikis mėšlas
	Augalinės kilmės	Kompostuotas kraikinis mėšlas	
		Šiaudai	
		Žalioji trąša	
Iš pramoninių šaltinių	Pramoniniai kompostai		

Tačiau šioje klasifikacijoje nepaminėtos tokios trąšų rūšys, kaip sapropelis, durpės, buitinių atliekų, lapų, žolės kompostai ir kt. Taip pat neaišku kodėl kompostuotas kraikinis mėšlas pagal kilmę priskiriamas prie augalinės kilmės. Kaip atskirą trąšų grupę būtų galima išskirti humusinių medžiagų produktus, gaminamus iš įvairių kompostų ar organinės kilmės gamtinių žaliavų. Šie produktai pasižymi dideliu fiziologiniu aktyvumu, todėl dažnai naudojami papildomam tręšimui, siekiant sureguliuoti ir paspartinti įvairius biocheminius bei fiziologinius procesus augaluose ir padidinti jų produktyvumą.

Mėšlu vadinamos įvairių gyvulių ir paukščių išmatos (skystosios ir kietosios) arba jų mišinys su kraiku. Atsižvelgiant į tvarto konstrukciją bei gyvulių laikymo būdą, mėšlas gali būti dviejų rūšių: kraikinis ir bekraikis. Priklausomai nuo mėšle esančių sausųjų medžiagų kiekio ir technologinių savybių, mėšlas gali būti tirštas, pusiau skystasis ir skystasis, o pagal gyvulių rūšį – galvijų, kiaulių, arklių, avių, vištų, ančių, kalakutų ir kt. Mėšle yra įvairių augalams reikalingų makro- ir mikroelementų. Jų kiekis priklauso nuo gyvulių ir paukščių rūšies, šėrimo raciono, kraiko rūšies bei kiekio. Kuo pašaras yra labiau koncentruotas, tuo daugiau į mėšlą patenka fosforo ir azoto. Kietosios ir skystosios išmatų dalies cheminė sudėtis, taip pat jų tręšiamoji vertė yra nevienoda. Beveik visas fosforas, pusė kiekio azoto yra kietose išmatose, o skystose – beveik visas kalis ir nuo pusės iki dviejų trečdalių azoto.

Kraikinis (tirštasis) mėšlas – tai kietųjų ir skystųjų gyvulių ekskrementų su kraiku ir pašarų likučiais mišinys, turintis ne mažiau kaip 20 proc. sausųjų medžiagų, sukrautas į krūvas neslenka. Galvijų ir kiaulių reikiamuose tvartuose toks mėšlas gaunamas naudojant daug kraiko, paukščių tvartuose – nenaudojant. Plačiausiai naudojamos kraikinės medžiagos – javų šiaudai ir durpės. Vienas kilogramas silpnai susiskaidžiusių durpių srutų gali sugerti 4–6 kg, šiaudai – 2–3 kg. Naudojant kraikui durpes, galima gauti aukštos kokybės mėšlą. Durpės padidina suminio, nitratinio ir amoniakinio azoto kiekį mėšle, o sumažina fosforo ir kalio koncentraciją.

Paskutiniu metu, atsižvelgiant į gamtosauginius reikalavimus, durpių naudojimas kraikui yra apribotas. Naudojant kraikui šiaudus, juos reikia susmulkinti iki 8–15 cm ilgio, nes tokio dydžio šiaudų kapojai geriausiai sugeria skystį, laikymo metu prarandama mažiau azoto ir organinių medžiagų, mėšlas tolygiai iškratomas lauke ir geriau įterpiamas. Nesant durpių ar šiaudų, kraikui naudojamos ir medienos pjuvenos. Tačiau šiuo atveju gaunamas prastesnės kokybės mėšlas, nes jis turi mažiau azoto ir daugiau lignino, kuris mikroorganizmų lėtai skaidomas.

Kiaulių kraikiniame mėšle azoto yra daugiau (22 lentelė). Atsižvelgiant į kraiko rūšį ir pašarus, azoto jame būna nuo 0,29 iki 0,60 proc. (vidutiniškai 0,52 proc.), labai daug fosforo – 0,40–0,61 proc. (vidutiniškai 0,57 proc.), o kalio – santykinai mažiau (vidutiniškai 0,27 proc.). Galvijų mėšle azoto ir kalio yra gana panašūs kiekiai – priklausomai nuo kraiko rūšies – atitinkamai 0,32–0,63 proc. (vidutiniškai 0,45 proc.) ir 0,37–0,62 proc. (vidutiniškai 0,45 proc.), o fosforo – tik 0,24–0,28 proc. (vidutiniškai 0,26 proc.), tai yra dvigubai mažiau nei kiaulių mėšle. Turtingas maistingomis medžiagomis yra avių mėšlas. Jo sudėtyje azoto yra vidutiniškai 0,55 proc. (kai kuriuose šaltiniuose nurodoma 0,86 proc.), kalio – 0,88 proc. ir fosforo – 0,47 proc.

22 lentelė. Vidutinis maisto medžiagų kiekis mėšle, įvertinus galimus nuostolius kaupimo ir laikymo metu (Butkevičienė ir kt., 2022)

Gyvulių rūšis	Mėšlo rūšis	Sausųjų medžiagų proc.	Maisto medžiagos kg t ⁻¹		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Melžiamos karvės (suaugę galvijai)	Kraikinis	20,9	4,5	2,6	4,5
	Srutos	4,2	5,3	1,2	8,5
Veršeliai	Kraikinis	25,3	4,5	2,8	6,2
	Srutos	6,0	6,6	5,3	2,0
Arkliai	Kraikinis	24,0	4,4	3,5	3,5
	Srutos	10,0	15,5	0,1	15,0
Kiaulės	Kraikinis	30,4	5,2	5,7	2,7
	Srutos	3,2	8,5	4,0	4,0
Avys	Kraikinis	35,0	5,5	3,1	1,5
	Srutos	13,0	19,5	0,1	22,6
Paukščiai (vištos, antys, žąsys, kalakutai)	Kraikinis	56,0	16,0	15,0	9,0

Pastaba: pateikiamas sausųjų medžiagų kiekis ir tręšiamoji vertė tonoje – natūralaus pavidalo mėšle esantis azoto, fosforo ir kalio kiekis.

Mėšle esantis azotas būna įvairių organinių ir mineralinių junginių pavidalu. Junginių santykis priklauso nuo mėšlo rūšies. Didesnė dalis azoto mėšle būna organiniuose junginiuose ir jo augalai nepasisavina, jis tampa prieinamas tik po jų mineralizacijos. Mėšlo organinių junginių destrukcijos eigoje susidariusį mineralinį azotą augalai panaudoja mitybai. Nepanaudotas augalų mitybai azotas lieka dirvožemyje ir palaipsniui mineralizuojasi arba imobilizuojamas į dirvožemio kompleksą, praturtina jį azoto turinčiais organiniais junginiais ir mineraliniu azotu. Tačiau reikia pastebėti, kad azoto perteklius nusiplauna ir/ar išsiplauna, tokiu atveju teršiami paviršiniai ir gruntiniai vandenys. Teršimo mažinimui reikia laikytis „Vandenių apsaugos nuo taršos nitratais iš žemės ūkio šaltinių“ direktyva, kurioje nurodoma, kad „... per kalendorinius metus į dirvą patenkančio azoto kiekis (tręšiant mėšlu, srutomis ir ganant gyvulius) negali viršyti 170 kg ha⁻¹ veikliosios medžiagos“ (Dėl vandenių taršos..., 2008).

Didžiausi azoto nuostoliai iš mėšlo patiriami dujinių junginių pavidalu (N-NH₃ ir N-NO_x). Taip pat azoto nuostoliai gali būti patiriami ir dėl srutų nutekėjimo ar azoto išplovimo. Kaip teisingai ūkyje laikyti mėšlą, kad nebūtų teršiama aplinka ir paviršiniai bei gruntiniai vandenys nurodoma Alinkos apsaugos ir Žemės ūkio ministrų 2005 m. liepos 14 d. įsakyme Nr. D1-367/3D-342 „Mėšlo ir srutų tvarkymo aplinkosaugos reikalavimų aprašas“ (Dėl mėšlo ir srutų..., 2005).

Mėšle esantis fosforas ir kalis yra atsargų dirvožemyje papildymo šaltinis. Sistemingai tręšiant dirvožemis praturtėja fosforu ir kaliu, todėl reikia naudoti mažiau pramoninių mineralinių trąšų. Judriųjų

maisto medžiagų pokyčiai dirvožemyje priklauso nuo įterpto mėšlo kiekio. Jeigu su mėšlu įterpiama tiek, kiek sunaudoja augalai, fosforo ir kalio kiekis nekinta, jeigu daugiau nei reikia augalams, vyksta jo akumuliacija. Rūgščiuose dirvožemiuose, gausiai tręšiant mėšlu, fosforo kiekis gali padidėti dėl aliuminio ir geležies fosfatų transformavimo į augalams prieinamus kalcio fosfatus – pagerėja augalų mityba fosforu.

Įvairaus lygio tręšimas organinėmis ir mineralinėmis trąšomis, skirtingo intensyvumo agrotechninės priemonės, įvairios augalų sėjomainos turi tiesioginę įtaką daugeliui dirvožemio agrocheminių savybių (Švedas, 1996; Petraitienė, 1996; Bučienė ir kt., 1997; Mašauskas, Mašauskienė 2005).

1.5.3. Biologinis azoto kaupimas (fiksacija)

Azotas yra vienas iš svarbiausių elementų reikalingų augalų vystymuisi ir augimui. Esant pakankamam jo kiekiui dirvožemyje, augalai užaugina didelį lapų paviršių, pailgėja jų vegetacijos periodas, derliuje susikaupia daugiau baltymų. Esant azoto trūkumui augalų lapai būna smulkūs, ima gelsti, greičiau bręsta, menkame derliuje susikaupia mažai baltymų, o grūdai, vaisiai ir daržovės būna smulkūs. Įprastai šio elemento trūkumas kompensuojamas mineralinėmis trąšomis. Tačiau, brangstant žaliavoms ir energijai, didėjant susirūpinimui dėl aplinkos teršimo mastų, populiarėjant ekologiniams ūkiams vis didesnę vaidmenį ir susidomėjimą įgauna biologinio azoto kaupimas agroekosistemose (Lapinskas ir kt., 2013; Staugaitis ir kt., 2008).

Biologinis azoto kaupimas (fiksacija) – procesas, kurio metu iš atmosferos paimtas molekulinis azotas paverčiamas augalams prieinamais azoto junginiais, tokiais, kaip amoniakas, nitratai, azoto dioksidas ir pan. Šis procesas natūraliomis dirvožemio sąlygomis yra paremtas fiksaciją vykdančių dirvožemio mikroorganizmų aktyvumu. Fiksaciją gali vykdyti daugelis mikroorganizmų rūšių. Kiekviena iš jų fiksuoja nedidelį kiekį azoto, tačiau bendras biologinio azoto fiksavimas gali sudaryti iki kelių šimtų kilogramų hektare per metus (Plioplytė, 2009; Ambrazaitienė, 2002).

Simbiotinio azoto fiksacija. Daugiausia fiksuoto azoto sukaupia (nuo 80 iki 460 kg ha⁻¹) simbiotrofinės bakterijos – gumbelinės bakterijos (rizobijos), gyvenančios pupinių augalų šaknų gumbeliuose. Daugiamečiai pupiniai (ankštiniai) augalai ūkyje yra biologinio azoto „fabrikai“, kurie ištiesai be perstojo dirba visą augalų vegetacijos laikotarpį. Todėl, siekiant padidinti dirvožemio derlingumą ir gyvulininkystės ūkių produktyvumą, būtina plėsti ankštinių augalų plotus (Lapinskas, 2009; Lapinskas ir kt., 2013). Kita vertus, nebūtina išskirtinai apsiriboti tik ankštinių augalų plotų didinimu. Kai kurių mokslininkų atlikti tyrimai parodė, kad gumbelinės bakterijos dauginasi ir be augalų,

todėl jų skaičius, reaguodamas į aplinkos pokyčius (organines, mineralines medžiagas, dirvožemio pH ir kt.), gali kisti (Abrazaitienė, 2002).

Ankščiau žemdirbiai manė, kad augalų naudą galima vertinti tik pagal jų išaugintą derlių. Tačiau, šis nusistatymas nėra teisingas. Sakykime, auginami raudonuosius dobilus 10 ha plote, pirmaisiais auginimo metais vidutiniškai sukaupiame 200 kg ha⁻¹ biologinio azoto, arba 2 tonas iš viso ploto. Ekvivalentiškai tai atitiktų 6 tonas amonio salietros. Be to, net vidutinio derliaus dobilai (6 t ha⁻¹ standartinio šieno) gali sukaupti apie 700 kg žaliųjų baltymų (Lapinskas, 2009).

Nesimbiotinio azoto fiksacija. Dideles perspektyvas turi nesimbiozinių (asociatyvių) azotą fiksuojančių mikroorganizmų (diazotrofų) panaudojimas. Asociatyvių mikroorganizmų poveikis yra įvairus: suaktyvina azoto fiksaciją, išskiria fiziologiškai aktyvias medžiagas, padidina sunkiai tirpstančių maisto medžiagų tirpumą, išskiria fungistatiškas ir bakterioštatikiškas medžiagas. Tai pat, diazotrofai padidina azoto trąšų panaudojimo efektyvumą 15–35 %. Todėl biologinių preparatų naudojimas varpiniams augalams laikomas būtina ekologinių ūkių priemone, ypač tose šalyse, kur brangiai kainuojančios specialios azoto trąšos beveik nenaudojamos (Lapinskas, 2008; Lapinskas, 2009).

Biologinio azoto fiksaciją įtakojantys veiksniai. Rizobijų paplitimui ir jų efektyvumui didelę reikšmę turi dirvožemio granulimetrinė sudėtis bei agrocheminės savybės. Daugiausia visų rūšių gumbelinių bakterijų aptinkama lengvo priemolio ir glėjiškuose rudžemiuose. Sunkaus priemolio, molio ir priesmėlio dirvožemiuose rizobijų yra mažiau, o lengvuose priesmėlio ar smėlio dirvožemiuose šių bakterijų aptinkama labai mažai arba jų iš viso nėra (Lapinskas ir kt., 2013).

Natūraliai paplitusios gumbelinės bakterijos yra nepaprastai jautrios dirvožemio sąlygoms: dirvožemio pH, maisto medžiagų trūkumui, drėgmės pertekliui, ilgiau užsitęsusioms sausroms bei kitiems nepalankiems veiksniams. Šie nepalankūs veiksniai sumažina gumbelinių bakterijų skaičių ir jų sugebėjimą patekti į augalo šaknis. Tačiau, dirvožemio pH yra vienas pagrindinių veiksnių, lemiantis rizobijų paplitimą ir jų efektyvumą (Lapinskas ir kt., 2013).

Dirvožemyje, kurio pH mažesnis kaip 5,0, sutrumpėja pupinių augalų šakniaplaukiai, dėl to pasunkėja ar visiškai nuslopinamas gumbelinių bakterijų įsiskverbimo procesas. Esant rūgščiam dirvožemiui ir Ca deficitui dirvožemyje, sumažėja rizobijų ląstelės, susilpnėja polisacharidų sintezė ir nuslopinamas gumbelių susidarymas. Esant mažam pH padidėja sunkiųjų metalų (Al, Mn, Fe) tirpstanumas, kurie tampa simbiozės trikdytojais, o Ca, Mg ir P tampa augalų ir mikroorganizmų maisto deficitiniais elementais. Esant šių elementų trūkumui, sutrinka azoto apykaita augaluose, o taip pat plastidžių, mitochondrijų ir ribosomų sintezė. Gumbelių bakteroidinis audinys negali panaudoti iš sacharidų gaunamos energijos azoto fiksacijai (Lapinskas, 2010).

Veiksmingiausia priemonė, optimizuojanti dirvožemio pH, yra dirvožemio kalkinimas, kuris ne tik neutralizuoja dirvožemį, bet ir sumažina sunkiųjų metalų judrumą, suaktyvina naudingų mikroorganizmų veiklą. Atsiranda gumbelinių bakterijų veiksmingos populiacijos, pagerėja jų adsorbcija prie pupinių augalų šakniaplaukių ir tuo pačiu infekcinis procesas. Pakalkinus dirvožemius padidėja gumbelių masė ir azotą fiksuojančio fermento – nitrogenazės aktyvumas 29–39 % (Lapinskas, 2010).

Ypač teigiamai rizobijos reaguoja į organinę medžiagą. Nors šios bakterijos ir nepasižymi celiuliozę skaidančiomis savybėmis, tačiau gyvena metabiozėje su ją skaidančiais mikroorganizmais. Literatūroje nurodyta gana seniai, kad papildomas organinės medžiagos kiekis padidina aktyvių gumbelių skaičių bei nitrogenazės aktyvumą (Ambrazaitienė, 2002).

Kalbant apie asociatyvius azotą fiksuojančius mikroorganizmus, tai jų veiklą sąlygoja ne tik dirvožemio pH ir kitos su juo susijusios dirvožemio savybės, bet ir neankštinių augalų fotosintezės intensyvumas. Kuo intensyvesnis fotosintezės procesas, tuo daugiau augalas per šaknų sistemą į dirvožemį išskiria tirpių anglies junginių ir tuo labiau suaktyvinama asociatyvių mikroorganizmų azoto fiksacija (Lapinskas, 2008).

Dirvožemyje atmosferos azotą kaupia gumbelinės (*Rhizobium*) bakterijos, asociatyvūs (*Azospirillum*) ir dirvožemyje laisvai gyvenantys (*Clostridium*, *Azotobacter* ir kt.) mikroorganizmai. Gumbelinės bakterijos gali sukaupti nuo 50 iki 300 kg ha⁻¹ azoto, kai kuriais atvejais iki 460 kg ha⁻¹. P. Pranaičio (2009), duomenimis, hektaras liucernų pasėlio, sėjant inokuliuotą sėklą gumbelinėmis bakterijomis, per metus fiksuoja iki 300 kg, dobilų ir lubinų – iki 200 kg, vienamečių pupinių (ankštinių) augalų (žirnių, pupų, pupelių ir kitų) – iki 120 kg azoto. Duomenys pateikti 1 priedo 9 lentelėje. Pupinės (ankštinės) žolės palieka dirvoje apie 1/2, o ankštiniai augalai – 1/3 viso sukaupto (fiksuoto) kiekio. Liucernų šaknyse azoto lieka apie 100–140 kg ha⁻¹, o vienamečių pupinių (ankštinių) – 40–50 kg ha⁻¹, tai azotas kitų metų augalams (Walley, 1996; Nemecek, 2010).

Remiantis E. Lapinsko (1998) duomenimis (23 lentelė), matyti kad augalai fiksuoja pakankamai skirtingą kiekį azoto, be to jo fiksavimas priklauso nuo augalų rūšies ir išsivystymo tarpsnio, todėl skirtumas tarp minimalios ir maksimalios reikšmės yra pakankamai platus. Bene didžiausias skirtumas tarp rausvųjų dobilų sukaupiamo minimalaus ir maksimalaus kiekio. Šis skirtumas sudaro beveik 6 kartus.

Dauguma atvejų pupinės žolės azoto sukaupia daugiau nei vienamečiai augalai. Kiek mažiau azoto kaupia ganyklos (20–30 proc. pupinių), nes pagrindinę jų masę sudaro miglinės žolės.

23 lentelė. Pupinių augalų simbiozinio azoto fiksacija (Lapinskas, 1998)

Augalai	Fiksuota atmosferos azoto			Sant. Skaič.
	minimalai	maksimaliai	vidutiniškai	
kg ha ⁻¹				
Pupinės žolės				
Ožiarūčiai	157	292	236	100
Liucernos	136	270	204	86
Raudonieji dobilai	126	266	199	84
Baltieji dobilai	115	311	186	79
Gargždeniai	124	164	142	60
Rausvieji dobilai	56	302	115	49
Ganyklos (20–30 proc. pupinių)	65	133	106	45
Pupiniai javai				
Lubiniai	144	240	182	77
Pašarinės pupos	126	194	155	66
Vasariniai vikiai	70	125	116	49
Žirniai	82	141	112	47
Avinžirniai	49	156	109	46
Lešiai	96	127	104	44
Sojos	30	105	95	40
Daržo pupelės	25	84	51	22

Nesimbiotiniai mikroorganizmai azoto gali sukaupti 26–86 kg ha⁻¹ (Pranaitis, 2009). Kokį biologinio (atmosferos) azoto kiekį sukaupia gumbelinės bakterijos konkrečiame lauke atskirais metais įvertinti gana sunku, nes tai priklauso nuo gumbelinių bakterijų virulentiškumo (bakterijų savybės prasiskverbti į augalo šaknį ir sudaryti gumbelius), konkurentiškumo (bakterijų savybės konkuruoti su kitais štamais), efektyvumo (bakterijų savybės fiksuoti atmosferos azotą).

1.5.4. Priešsėliai ir tarpiniai pasėliai

Dirvožemio derlingumo palaikymui turi reikšmės auginami augalai. Įvairūs augalai naudoja skirtingus mitybos elementų kiekius. Jei kaitome miglinius (varpinius) javus su daugiametėmis žolėmis, kaupiamaisiais ir kt. augalais, iš dirvos paaimami skirtingi elementų kiekiai. Be to pupiniai (ankštiniai) augalai gali patys fiksuoti biologinį azotą ir juo praturtinti dirvožemį. Kiti augalai, kaip liucerna, rapsai turi ilgas šaknis, kurios iš gilesnių dirvožemio sluoksnių paima maisto medžiagas ir jas perneša į viršutinius dirvožemio sluoksnius arba jos kaupiasi pačiuose augaluose. Taip pat nereiktų pamiršti ir tai, kad kaitaliojant augalus būtų galima išvengti ir kitų problemų ekologiniuose ūkiuose, kaip įvairių žaldarių plitimo.

Augalai skirtingai veikia organinių medžiagų kaupimasi (ardymą) dirvožemyje. Augalai, kurie palieka daug organinių medžiagų, kaip daugiametės žolės, daro didelę įtaką humuso kaupimuisi dirvožemyje. Tuo pačiu teigiamai veikia ir įvairias dirvožemio savybes: gerina dirvožemio struktūrą ir jos patvarumą, mažina dirvožemio tankį, didina poringumą ir t.t. Laikantis fitosanitarinių pertraukų augalai mažiau serga įvairiomis ligomis, bei mažiau išplinta piktžolės ir kenkėjai.

Pasėlius galima suskirstyti į dirvos derlingumą didinančius (dirvą gerinančius) ir dirvos derlingumą mažinančius (dirvą alinančius). Tai priklauso: 1) nuo to, kiek augalai sunaudoja mitybinių elementų ir vandens produkcijai išauginti, 2) kiek augalai palieka organinių medžiagų, 3) kaip augalai prisideda prie ligų, kenkėjų ir piktžolių naikinimo, 4) poveikio naudingiems dirvožemio mikroorganizmams. Pagal šiuos kriterijus dirvožemio derlingumą gerinantys augalai rikiuojami tokia tvarka (nuo didžiausio iki mažiausio):

1. daugiametės žolės (ankštinės ir varpinės) palieka daug šaknų, stelbia piktžoles, o ankštinės kaupia ir azotą;
2. ankštiniai augalai (žirniai, pupos ir kt.) pagausina dirvožemyje azoto atsargas;
3. kaupiamieji augalai palieka mažai šaknų ir paima daug maisto medžiagų, bet dažniausiai tręšiami mėšlu ir jo lieka kitų metų augalams (jei mėšlu netręšiama galima priskirti prie alinančių augalų);
4. sideraciniai augalai (lubinai, garstyčios, rapsai ir kt. auginami žaliajai trąšai),
5. juodasis pūdymas gerina derlingumą, nes tręšiama mėšlu (netręšiant derlingumas nedidėja), nuolat dirbant žemę mažėja piktžolių, bet mažėja humuso kiekis ir struktūros patvarumas;
6. aliejiniai augalai (baltosios garstyčios, aliejiniai ridikai, žieminiai ir vasariniai rapsai ir kt.) dirvožemio derlingumą gerina, nes praturtina jį sieros junginiais, jų šaknys giliai sverbiasi į dirvą ir iš ten ima maisto medžiagas.

Prie dirvožemio derlingumą alinančių (mažinančių, išnaudojančių) yra priskiriami visi varpiniai javai (žieminiai ir vasariniai) ir linai. Javų paliekamoje organinėje medžiagoje yra mažai azoto, todėl ją skaidant mikroorganizmai ima azotą iš dirvožemio ir jį alina. Linai išraunami ir išvežami, organinių medžiagų beveik visai nepalieka (Bogužas ir kt., 2013). Dėl šių priežasčių augalai turi būti kaitaliojami, norint nesumažinti dirvožemio derlingumo.

Dirvožemio gerinimui (derlingumo didinimui) gali būti auginami tarpiniai pasėliai. Jie būna žieminiai arba vasariniai, išėliniai arba posėliniai (24 lentelė.). Auginant tarpinius pasėlius, gaunamas ne galutinis, bet tarpinis produktas, t.y. ne grūdai ar gumbai, bet žalioji masė, kuri gali būti skirtingos cheminės sudėties.

24 lentelė. Tarpinių pasėlių klasifikacija (Bogužas ir kt., 2013)

Tarpiniai pasėliai											
Žieminiai				Vasariniai							
				Įsėliniai			Posėliniai				
Žieminiai rapsai	Žieminiai rugiai	Žieminiai kviečiai	Žieminiai varpiniai ir ankštiniai augalai	Raudonieji dobilai	Seradėlės	Baltosios garstyčios	Baltosios garstyčios	Aliejiniai ridikai	Vasariniai rapsai	Žieminiai rapsai	Lubiniai

Žalioji trąša sukaupia nemažai organinių medžiagų, gerina dirvožemio fizikines – chemines ir biologines savybes, didina jo derlingumą. Žaliajai trąšai auginami augalai gali būti auginami kaip pagrindiniai augalai, o taip pat kaip tarpinis pasėlis, todėl parenkami atsižvelgiant į jų savybes ir derlingumą. Augalų parinkimas žaliajai trąšai priklauso ir nuo dirvožemio granulimetrinės sudėties (25 lentelė).

25 lentelė. Augalų, auginamų žaliajai trąšai, parinkimas (Pekarskas, 2008)

Dirvožemio granulimetrinė sudėtis	Augalai
Smėlis ir priesmėlis	geltonžiedžiai lubinai, siauralapiai lubinai, grikliai, seradėlė
Vidutinio sunkumo ir sunkiuose priemoliuose	pašarinės pupos, vikiai, žirniai
Visuose dirvožemiuose	barkūnai, dobilai, rapsai, garstyčios, aliejiniai ridikai

Tarpiniai pasėliai naudojami žaliajai trąšai skiriasi savo biologinėmis savybėmis ir poveikiu aplinkai, tame tarpe ir dirvožemiui (26 lentelė). Visi tarpiniai pasėliai mažina dirvožemio eroziją, tuo pačiu ir maisto medžiagų nuplovimą, gerina dirvožemio struktūrą, didina humuso kiekį, mikrobiologinį aktyvumą ir sliekų gausumą.

Tarp augalų ir dirvožemio egzistuoja gyvasis ryšys, nuo kurio funkcionavimo priklauso augalų produktyvumas. Ūkyje, siekiant gauti geros kokybės ir optimalaus dydžio derlių, reikia stengtis, kad auginami augalai išaugintų kuo didesnę šaknų masę ir kad dirvožemyje būtų gausu mikroorganizmų. Šią problemą padeda išspręsti dirvožemio tręšimas mėšlu, kompostu, srutomis, žaliaja trąša ir kitomis organinėmis trąšomis (Lazauskas ir kt., 2008).

Ūkiuose, kurie nesiverčia gyvulininkyste, dirvožemio gerinimui dažnai yra naudojami šiaudai, kuriuos kaip ir kitas organines medžiagas ardo dirvožemio mikroorganizmai. Varpinių augalų šiauduose yra didelis beazotinių organinių junginių kiekis.

26 lentelė. Tarpinių pasėlių poveikis agrocenozėms (Bogužas ir kt., 2013)

Tarpinių pasėlių auginimo tikslai ir jų įtaka agrocenozėms	Tarpiniai pasėliai			
	Lubinais, sėjamosios seradėlės	Dobilai, liucernos	Gausiažiedės svidrės, žeminiai rugiai	Rapsai, ridikai, baltosios garstyčios
Aprūpinti papildomais pašarais	-/+	+	+	+
Mažinti dirvos eroziją	+	+	+	+
Gerinti dirvos struktūrą	+	+	+	+
Didinti humuso kiekį dirvožemyje (C+N)	+	+	(C)	(C)
Praturtinti dirvą mitybos elementais	+	+	-	-
Mažinti azoto išplovimą	-	-	+	+
Didinti dirvožemio poringumą	+	+	-	-
Mažinti ligų sukėlėjų plitimą	+	+	-	+
Didinti dirvos mikrobiologinį aktyvumą	+	+	+	+
Didinti sliukų biomasę	+	+	+	+
Pasisavinti azotą iš atmosferos	+	+	-	-
Mažinti sėklomis plintančias piktžoles	-	+	+/-	+
Mažinti paprastojo varpučio ir dirvinės usnies plitimą	-	+	-	-
Gerinti bičių ganyklas	+	+	-	+

Šiauduose esantis nedidelis kiekis azoto, mikroorganizmų yra greitai sunaudojamas. Vėliau mikroorganizmai pradeda naudoti dirvožemyje esantį mineralinį azotą, taip sumažindamas jo kiekį dirvožemyje (27 lentelė). Dėl šios priežasties šiaudus, kaip organinę trąšą, ūkiuose patartina naudoti kartu su azoto turinčiomis medžiagomis, tokiomis kaip srutos, skystas mėšlas.

27 lentelė. Azoto (N) ir fosforo (P) kiekis, sukauptas įvairių tarpinių pasėlių augalų antžeminėje masėje kg ha⁻¹ SM (Arlauskienė ir kt., 2024)

Augalų mišinys	Vakarų Lietuva		Vidurio Lietuva		Šiaurės Lietuva		Pietų Lietuva
	N	P	N	P	N	P	N
Nušalantis ir subyrantis Bitinės facelijos Avižos netikšės Egiptiniai dobilai Persiniai dobilai	20	3	43	2	29; 84*	0; 16*	53
Daugianaris Sėjamosios avižos Sėjamieji linai Sėjamieji vikiai S iauralapiai lubinai Avižos netikšės Gausiažiedės svidrės Valgomieji lęšiai Persiniai dobilai Egiptiniai dobilai Bitinės facelijos Paprastosios saulėgražos	32	4	25	1	21; 58*	0; 11*	–
Bastutinių Baltosios garstyčios Aliejiniai ridikai	37	5	48	2	45; 83*	1; 19*	87

Pastaba: * – 2023 m. duomenys

Ankštiniai (pupiniai) tarpiniai pasėliai didina azoto kiekį dirvožemyje, o varpiniai (migliniai) mažina jo išsiplovimą. Kartais tarpinių pasėlių žaliąją masę rekomenduojama nupjauti ir sušerti gyvuliams. Tačiau tokiu atveju dirvožemis nėra praturtinamas maisto medžiagomis, bet jų yra išnešami dar didesni kiekiai. Norint padidinti dirvožemio derlingumą, tarpinius pasėlius vertėtų panaudoti žaliajai trąšai. Reikėtų pažymėti, kad tarpiniai pasėliai sukaupa nevienodą kiekį maisto medžiagų (28 lentelė).

28 lentelė. Tarpinio pasėlio augalų biomasėje sukauptos maisto medžiagos, kg ha⁻¹, 2021 m.

Augalai	N	P	K
Aliejiniai ridikai	46,7	6,3	54,8
Baltosios garstyčios	56,1	5,1	55,4
Raudonieji dobilai	146,2	18,3	132,3
Paprastosios šunažolės	70,2	8,6	71,8
Gausiažiedės svidrės	49,5	6,4	40,0

Didžiausią maisto medžiagų kiekį sukaupia raudonojų dobilų tarpinis pasėlis, o mažiausią – svidrės.

2.1. Lietuvoje atliktų dirvožemyje esančių maisto medžiagų balanso skaičiavimų palyginimas su atitinkamomis HELCOM ir ES rekomendacijomis

Augalų mitybinių elementų (maisto medžiagų) balanso skaičiavimai per paskutinius 30 m. yra pateikti keturiuose leidiniuose. Pirmasis leidinys (ataskaita) sudaryta A. Švedo ir kt. (1999), kuriame apibendrinta 1991–1998 m. tyrimų duomenys atlikti Lietuvos žemdirbystės institute (dabar LAMMC), jo filialuose ir bandymų stotyse. Antrasis leidinys (ataskaita) sudarytas G. Staugaičio ir kt. (2005), kurioje išplėsti maisto medžiagų balanso skaičiavimai ir pateikiamas tręšimo planui reikalingi duomenys. Trečiasis leidinys (ataskaita), kuriame pateikiami išsamūs maisto medžiagų balanso skaičiavimai, sudarytas V. Pranckiečio ir kt. 2013 m. bei ketvirtasis leidinys (ataskaita), kuriame pateikiama maisto medžiagų balanso skaičiavimai ir tręšimo plano sudarymui reikalinga medžiaga, sudaryta D. Jodaugienės ir kt. 2017 m.

A. Švedas ir kt. (1999) apibendrinami 1991–1999 m. mokslinių tyrimų rezultatus, teigė, kad planuojant augalų tręšimą, būtina žinoti kiek ir kokių maisto medžiagų augalai gali rasti dirvoje ar gauti iš kitų šaltinių, kiek jų galės panaudoti savo organizmo statybai, kiek jų bus prarasta dėl žalingo įvairių veiksnių veikimo ir kiek jų liks dirvoje sekančiam gamybos ciklui. Šių procesų eigą galima sėkmingai kontroliuoti ir įtakoti atliekant balansinius skaičiavimus. Tokiu būdu, augalų maisto medžiagų balanso sudarymas laikytinas tręšimo planavimo sistemos sudėtine dalimi. Maisto medžiagų balansas parodo tam tikro gamybinio vieneto (lauko, ūkio, rajono, respublikos) dirvožemio derlingumo kitimo priežastis vieno gamybos ciklo metu. Žemdirbystėje gamybos ciklo trukmė dažniausiai lygi vieniems metams. Augalų maisto medžiagų balanso sudedamųjų dalių patekimui į dirvožemį ir netekimui įvertinti naudojamos įvairios metodikos. Moksliniuose darbuose balansui skaičiuoti naudojami parametrai pagrįsti konkrečiomis sąlygomis atliktų tyrimų duomenimis. Tačiau praktiniams reikalams naudojami apibendrinti normatyvai.

Maisto medžiagų balansas vertintas, lyginant maistinių medžiagų (elementų) įnešamą į dirvožemį kiekį su išneštu tam tikrame teritoriniame vienetė. Kai maistinių medžiagų įnešimas (pajamos) viršija išnešimą (išlaidas), balansas laikomas teigiamu. Tokiuose dirvožemiuose augalų derėjimo potencinės galimybės didėja. Jei į dirvožemį maisto medžiagų patenka mažiau, negu iš jo išnešama, tai dirvožemis palaipsniui alinamas ir nežiūrint kitų agrotechninių priemonių augalų derlius ima mažėti (Švedas ir kt., 1999).

Natūraliose biocenozėse egzistuoja uždaras biogeninių elementų apykaitos ratas ir čia pati gamta subalansuoja maisto medžiagas, kad dirvožemio derlingumas nemažėja. Tačiau antropogeninių veiksnių

įtakoje biogeninių elementų apykaita būna pažeista su derliumi išneštų maisto medžiagų kiekiu, ar dėl kitų įvairių priežasčių.

Išnešamos medžiagos (išlaidos) būna produktyvios ir neproduktyvios. Pirmąsias sudaro tos maisto medžiagos, kurios susikaupia augalų derliuje ir su juo išnešamos iš dirvožemio. Neproduktyvios maisto medžiagų išlaidos susidaro vandens ar vėjo erozijos, denitrifikacijos, ar išplovimo į gilesnius sluoksnius, ar su drenažo vandenimis. Maisto medžiagų nuostolių dydis priklauso nuo auginamų augalų biologinių savybių, dirvožemio granulimetrinės sudėties, agrotechnikos ir kitų sąlygų. Kad galima būtų neproduktyvias išlaidas sumažinti reikia gerai pažinti jų susidarymo priežastis ir galimybes jas reguliuoti.

A. Švedas ir kt. (1999) pabrėžia, kad maisto medžiagų balansas, išreiškiantis vien skirtumą tarp į dirvožemį įterpiamų ir iš jo išnešamų elementų kiekio nėra patikima priemonė dirvožemio derlingumo kitimui sekti. Norint tiksliau įvertinti maisto medžiagų dinamiką dirvožemyje iš kurios galima būtų spręsti apie pastarųjų potencines galimybes jų panaudojimo laipsnį apie esančius rezervus, būtina balanso skaičiavimus derinti su periodiškais dirvožemio agrocheminiais tyrimais.

Praktiniams reikalams apskaičiuojamas ūkiškas balansas. Ūkiškas balansas pagrįstas maisto medžiagų išnešamų su pagrindine ir šalutine produkcija kiekiu santykiu su į dirvožemį patenkančiu kiekiu organinių ir mineralinių trąšų pavidale. Ūkiškas balansas parodo agroekonominį ir aplinkosauginį ūkininkavimo lygį ūkio, rajono ar respublikos mastu.

Skirtingų sėjomainų ar skirtingos specializacijos ūkių vertinimui apskaičiuojamas biologinis balansas. Biologinis balansas apima visas maisto medžiagų netekimo ir patekimo į dirvožemį galimybes tame tarpe ir maisto medžiagas pasiliekančias su augalinėmis liekanomis (šaknimis, ražienomis).

Tikslesnei augalų maisto medžiagų dinamikai žemdirbystėje įvertinti apskaičiuojamas aktyvusis balansas. Jį sudaro visos jau minėtos maisto medžiagų išnešimo iš dirvožemio galimybės ir patekimo šaltiniai be to, dar įvertinamas jų panaudojimo iš dirvožemio ir iš trąšų laipsnis. Aktyviojo balanso skaičiavimai dažniausiai atliekami tręšimo bandymų rezultatų detalesniam įvertinimui.

Vienų metų balanso rezultatai dažnai neatspindi tikros padėties ir neleidžia padaryti patikimų išvadų. Paskaičiavimai padaryti per ilgesnį laikotarpį (3–5 metus) įgalina teisingiau įvertinti atskirų balanso sudedamųjų dalių kitimo eigą bei jo dėsningumus, palyginti atskirų maisto elementų balanso kitimą ir ryšį su agrocheminių dirvožemio tyrimo duomenų pakitimais, įvertinti tręšimo plano realumą, apsirūpinimo trąšomis lygį ir kt.

Atskirų maisto medžiagų, kaip azoto, fosforo ir kalio apykaita žemdirbystėje, o taip pat balanso skaičiavimas turi savitumų. Atskirų maisto elementų balanso sudedamosios dalys, priklausomai nuo nevienodos maisto medžiagų apykaitos dirvoje, yra skirtingos (29 lentelė).

29 lentelė. Azoto, fosforo ir kalio balanso schema

Elementas	Gavimo (įnešimo) šaltiniai	Eikvojimo (išnešimo) priežastys
Azotas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Organinės trąšos 2. Mineralinės trąšos 3. Biologinis azotas 4. Su sėklomis į dirvą patenkantis azotas 5. Su krituliais į dirvą patenkantis azotas 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Augalų sunaudojamas azotas 2. Išplovimas 3. Erozija 4. Išgaravimas
Fosforas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Organinės trąšos 2. Mineralinės trąšos 3. Su sėklomis į dirvą patenkantis fosforas 4. Su krituliais į dirvą patenkantis fosforas 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Augalų sunaudojamas fosforas 2. Erozija 3. Retrogradacija (perėjimas į augalams neįsavinamas formas)
Kalis	<ol style="list-style-type: none"> 1. Organinės trąšos 2. Mineralinės trąšos 3. Su sėklomis į dirvą patenkantis kalis 4. Su krituliais į dirvą patenkantis kalis 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Augalų sunaudojamas kalis 2. Išplovimas 3. Erozija

Azoto balanso skaičiavimas. Agronominiu ir aplinkosauginiu požiūriu svarbiausi azoto balanso rezultatai. Azoto balansas apskaičiuojamas pagal tokią formulę:

$$B_N = (N_t + N_s + N_b) - (N_d + N_i + N_{dn}),$$

kur: N_t – trąšų azotas, N_s – azotas esantis sėklose, N_b – biologinis azotas, N_d – azotas paimtas su augalų derliumi, N_i – išplautas azotas, N_{dn} – prarastas denitrifikacijos metu.

Fosforo balanso skaičiavimas. Fosforo balansas nustatomas iš skirtumo tarp patenkančio į dirvą su trąšomis, su sėklomis, su krituliais ir išnešto iš dirvožemio su derliumi bei prarasto erozijos pasėkoje. Apskaičiuojama pagal tokią formulę:

$$B_p = (P_t + P_s + P_k) - (P_d + P_e + P_r + P_i),$$

kur: B_p – fosforo balansas, P_t – patekęs su trąšomis, P_s – fosforas patekęs su sėklomis, P_k – fosforas patekęs su krituliais, P_d – išneštas fosforas su derliumi, P_e – prarastas fosforas erozijos metu, P_r – retrogradavęs fosforas, P_i – išplautas fosforas.

Kad ir teigiamas fosforo balansas gali būti vertinamas nepakankamu todėl, kad žymi dalis (iki 50 %) su trąšomis į dirvą patenkančio fosforo retrograduojasi – pereina į augalams sunkiai įsisavinamas formas (Tóth ir kt., 2014). Jo balansas laikytinas patenkinamu tik tada, kai su trąšomis šio elemento kompensuojama 2–3 kartus daugiau negu paėmė augalai (Schoumans ir kt., 2015).

Kalio balanso skaičiavimas. Kalio balansas nustatomas iš skirtumo tarp duotojo su trąšomis (K_t), patekusio su sėklomis (K_s) ir krituliais (K_k) ir išnešto su derliumi (K_{ct}), prarasto erozijos metu (K_e) ir išplauto (K_i):

$$B_K = (K_t + K_s + K_k) - (K_{ct} + K_e + K_i).$$

Maisto medžiagų balansas gaunamas lyginant atskirų elementų pajamas ir išlaidas tam tikro gamybinio vieneto: ūkininko ūkio, ž. ū. bendrovės, skyriaus, arba lauko ribose. Jeigu maisto elemento pajamos viršija išlaidas, laikoma kad jo balansas yra teigiamas ir tokiam dirvožemyje yra galimybės augalų derlingumui augti. Jeigu į dirvožemį maisto medžiagų patenka mažiau, negu iš jo išnešama dirvožemis palaipsniui alinamas.

G. Staugaičio ir kt. (2005) leidinyje (ataskaitoje) pateikiami detalesni skaičiavimai. Įvertinamas augalų maisto medžiagų (MM) įsisavinimas iš organinių trąšų priklausomai nuo įterpimo metų, priešsėlio ir tarpinių pasėlių paliktas MM kiekis ir jo įsisavinimas, gumbelinių bakterijų fiksuotas azoto kiekis ir jo įsisavinimas.

AZOTO BALANSAS:

Į dirvožemį įnešamo (A_N) azoto kiekio skaičiavimas:

$$A_N = A_{1N} * z_1 / 100 + A_{2N} * z_2 * w_{N2} + A_{3N} * w_{N3} + A_{4N} * w_{N4} + A_{5N} + A_{6N} * z_3 + A_{7N} * w_{N7} + A_{8N} * w_{N8}$$

kur: A_N – įnešamas azoto (N) kiekis į dirvožemį $kg\ ha^{-1}$; A_{1N} – azoto (N) procentas mineralinėse trąšose; z_1 – įterpta mineralinių trąšų $kg\ ha^{-1}$; A_{2N} – azoto (N) kiekis organinėse trąšose $kg\ t^{-1}$; z_2 – įterpta organinių trąšų, $t\ ha^{-1}$; w_{N2} – azoto (N) įsisavinimo koeficientas iš organinių trąšų priklausomai nuo įterpimo metų; A_{3N} – priešsėlio paliktas azoto (N) kiekis $kg\ ha^{-1}$; w_{N3} – azoto (N) įsisavinimo koeficientas iš priešsėlio palikto azoto; A_{4N} – tarpinių augalų paliktas azoto (N) kiekis $kg\ ha^{-1}$; w_{N4} – azoto (N) įsisavinimo koeficientas iš tarpinių augalų palikto azoto (N); A_{5N} – vidutinis azoto (N) kiekis patekęs su krituliais $kg\ ha^{-1}$; A_{6N} – azoto (N) kiekis sėklose/sodinamojoje medžiagoje pagal augalų rūšis $kg\ t^{-1}$; z_3 – išsėta sėklos / pasodinta sėklinės medžiagos $t\ ha^{-1}$; A_{7N} – gumbelinių bakterijų fiksuotas azoto kiekis $kg\ ha^{-1}$ (skaičiuojama tik pupinių (ankštinių) augalų pasėlyje); w_{N7} – azoto (N) įsisavinimo koeficientas iš gumbelinių bakterijų fiksuoto azoto; A_{8N} – asociatyvių mikroorganizmų ir laisvai dirvožemyje gyvenančių bakterijų fiksuotas azoto kiekis $kg\ ha^{-1}$; w_{N8} – azoto (N) įsisavinimo koeficientas iš asociatyvių mikroorganizmų ir laisvai dirvožemyje gyvenančių bakterijų fiksuotas azoto.

Iš dirvožemio išnešamo (B_N) azoto kiekio skaičiavimas:

$$B_N = B_{1N} * y_1 + B_{2N} * y_2 + B_{3N} + B_{4N} + B_{5N}$$

kur: B_N – išnešamas azoto (N) kiekis iš dirvožemio $kg\ ha^{-1}$; B_{1N} – pagrindinės produkcijos kiekis $t\ ha^{-1}$; y_1 – azoto (N) kiekis pagrindinėje produkcijoje $kg\ t^{-1}$; B_{2N} – šalutinės produkcijos kiekis $t\ ha^{-1}$; y_2 – azoto (N) kiekis šalutinėje produkcijoje $kg\ t^{-1}$; B_{3N} – vidutinis išplaunamas azoto (N) kiekis $kg\ ha^{-1}$; B_{4N} – azoto (N) nuplovimas erozijos metu (skaičiuojama kalvoto reljefo laukams) $kg\ ha^{-1}$; B_{5N} – vidutiniai azoto (N) nuostoliai dėl denitrifikacijos $kg\ ha^{-1}$.

FOSFORO BALANSAS

Į dirvožemį įnešamo (A_P) fosforo (P_2O_5) kiekio skaičiavimas:

$$A_P = A_{1P} * z_1 / 100 + A_{2P} * z_2 * w_{P2} + A_{3P} * w_{P3} + A_{4P} * w_{P4} + A_{5P} + A_{6P} * z_3$$

kur: A_P – įnešamas fosforo (P_2O_5) kiekis į dirvožemį $kg\ ha^{-1}$; A_{1P} – fosforo (P_2O_5) procentas mineralinėse trąšose; z_1 – išberta mineralinių trąšų $kg\ ha^{-1}$; A_{2P} – fosforo (P_2O_5) kiekis organinėse trąšose $kg\ t^{-1}$; z_2 – įterpta organinių trąšų $kg\ ha^{-1}$; w_{P2} – fosforo (P_2O_5) įsisavinimo koeficientas iš organinių trąšų priklausomai nuo įterpimo metu; A_{3P} – priešsėlio paliktas fosforo (P_2O_5) kiekis $kg\ ha^{-1}$; w_{P3} – fosforo (P_2O_5) įsisavinimo koeficientas iš priešsėlio palikto fosforo; A_{4P} – tarpinių augalų paliktas fosforo (P_2O_5) kiekis $kg\ ha^{-1}$; w_{P4} – fosforo (P_2O_5) įsisavinimo koeficientas iš tarpinių augalų palikto fosforo (P_2O_5); A_{5P} – fosforo (P_2O_5) kiekis patekęs su krituliais $kg\ ha^{-1}$; A_{6P} – fosforo (P_2O_5) kiekis sėklose/sodinamojoje medžiagoje pagal augalų rūšis $kg\ t^{-1}$; z_3 – išsėta sėklos / pasodinta sėklinės medžiagos $t\ ha^{-1}$.

Iš dirvožemio išnešamo (B_P) fosforo (P_2O_5) kiekio skaičiavimas:

$$B_P = B_{1P} * y_{1P} + B_{2P} * y_{2P} + B_{3P} + B_{4P}$$

kur: B_P – išnešamas fosforo (P_2O_5) kiekis iš dirvožemio $kg\ ha^{-1}$; B_{1P} – pagrindinės produkcijos kiekis $t\ ha^{-1}$; y_{1P} – fosforo (P_2O_5) kiekis pagrindinėje produkcijoje $kg\ t^{-1}$; B_{2P} – šalutinės produkcijos kiekis $t\ ha^{-1}$; y_{2P} – fosforo (P_2O_5) kiekis šalutinėje produkcijoje $kg\ t^{-1}$; B_{3P} – vidutinis išplaunamas fosforo (P_2O_5) kiekis $kg\ ha^{-1}$; B_{4P} – fosforo (P_2O_5) nuplovimas erozijos metu (skaičiuojama kalvoto reljefo laukams) $kg\ ha^{-1}$.

KALIO BALANSAS

Iš dirvožemį įnešamo (A_K) kalio (K_2O) kiekio skaičiavimas:

$$A_K = A_{1K} * z_1 / 100 + A_{2K} * z_2 * w_{K2} + A_{3K} * w_{K3} + A_{4K} * w_{K4} + A_{6K} * z_3$$

kur: A_K – įnešamas kalio (K_2O) kiekis į dirvožemį $kg\ ha^{-1}$; A_{1K} – kalio (K_2O) procentas mineralinėse trąšose; z_1 – išberta mineralinių trąšų $kg\ ha^{-1}$; A_{2K} – kalio (K_2O) kiekis organinėse trąšose $kg\ t^{-1}$; z_2 – įterpta organinių trąšų $kg\ ha^{-1}$; w_{K2} – kalio (K_2O) įsisavinimo koeficientas iš organinių trąšų priklausomai nuo įterpimo metu; A_{3K} – priešsėlio paliktas kalio (K_2O) kiekis $kg\ ha^{-1}$; w_{K3} – kalio (K_2O) įsisavinimo koeficientas iš priešsėlio palikto kalio (K_2O); A_{4K} – tarpinių augalų paliktas kalio (K_2O) kiekis $kg\ ha^{-1}$; w_{K4} – kalio (K_2O) įsisavinimo koeficientas iš tarpinių augalų palikto kalio (K_2O); A_{6K} – kalio (K_2O) kiekis sėklose/sodinamojoje medžiagoje pagal augalų rūšis $kg\ t^{-1}$; z_3 – išsėta sėklos / pasodinta sėklinės medžiagos $t\ ha^{-1}$.

Iš dirvožemio išnešamo (B_K) kalio (K_2O) kiekio skaičiavimas:

$$B_K = B_{1K} * y_{1K} + B_{2K} * y_{2K} + B_{3K} + B_{4K}$$

kur: B_K – išnešamas kalio (K_2O) kiekis iš dirvožemio $kg\ ha^{-1}$; B_{1K} – pagrindinės produkcijos kiekis $t\ ha^{-1}$; y_{1K} – kalio (K_2O) kiekis pagrindinėje produkcijoje $kg\ t^{-1}$; B_{2K} – šalutinės produkcijos kiekis $t\ ha^{-1}$; y_{2K} – kalio (K_2O) kiekis šalutinėje produkcijoje $kg\ t^{-1}$; B_{3K} – vidutinis išplaunamas kalio (K_2O) kiekis $kg\ ha^{-1}$; B_{4K} – kalio (K_2O) nuplovimas erozijos metu (skaičiuojama kalvoto reljefo laukams) $kg\ ha^{-1}$.

Balansas vienam hektarui skaičiuojamas taip:

$$\text{Azotui (N)} \quad C_N = A_N - B_N;$$

$$\text{Fosforui (P}_2\text{O}_5\text{)} \quad C_P = A_P - B_P;$$

$$\text{Kaliumi (K}_2\text{O)} \quad C_K = A_K - B_K;$$

kur: C_N – azoto (N), C_P – fosforo (P_2O_5), C_K – kalio (K_2O) balansas (atitinkamai) $kg\ ha^{-1}$.

Viso lauko balansas (kg) skaičiuojamas pagal formules:

$$\text{Azotui (N)} \quad C_N = (A_N - B_N) * P;$$

Fosforui (P_2O_5) $C_P = (A_P - B_P) * P$;

Kaliui (K_2O) $C_K = (A_K - B_K) * P$;

kur: P - lauko plotas ha.

Jeigu viename lauke auga keli žemės ūkio augalai, tai balansas $kg\ ha^{-1}$ skaičiuojamas pagal formules:

Azotui (N) $C_N = [(A_{N1} - B_{N1}) * P_1 + (A_{N2} - B_{N2}) * P_2 + \dots + (A_{Nn} - B_{Nn}) * P_n] / (P_1 + P_2 + \dots + P_n)$;

Fosforui (P_2O_5) $C_P = [(A_{P1} - B_{P1}) * P_1 + (A_{P2} - B_{P2}) * P_2 + \dots + (A_{Pn} - B_{Pn}) * P_n] / (P_1 + P_2 + \dots + P_n)$;

Kaliui (K_2O) $C_K = [(A_{K1} - B_{K1}) * P_1 + (A_{K2} - B_{K2}) * P_2 + \dots + (A_{Kn} - B_{Kn}) * P_n] / (P_1 + P_2 + \dots + P_n)$.

Pagal šias formules skaičiuojamas ir atskirų ūkio laukų bendras maisto medžiagų balansas $kg\ ha^{-1}$.

Baigiamojoje projekto „Pažangių technologijų ir gerosios praktikos žemės ūkyje taikymas bei skatinimo Lietuvoje, siekiant išvengti aplinkos taršos iš žemės ūkio šaltinių, studija“ ataskaitoje (Pranckietis ir kt., 2013) pateikiamas žemės ūkio laukų maisto medžiagų balansas (MMB) parengtas modifikavus 2005 m. taikomojo tyrimo „Maisto medžiagų balanso skaičiavimo metodikos žemės ūkio augalams“ baigiamąją ataskaitą (Staugaitis ir kt., 2005).

2015–2017 m. buvo vykdytas projektas pagal „Žemės ūkio, maisto ūkio ir žuvininkystės mokslinių tyrimų ir taikomosios veiklos programą“ ir 2017 m. pateikta projekto „Ekologinės gamybos ūkių aprūpinimas maisto medžiagomis: natūralios, gyvulinės ir augalinės kilmės trąšos, ūkio NPK (azoto, fosforo, kalio) balansas“ ataskaita (Jodaugienė ir kt., 2017). Šio projekto vienas iš uždavinių buvo pateikti ūkio maisto medžiagų balansą. Maisto medžiagų balansas (MMB) buvo parengtas taip pat modifikavus 2005 m. taikomojo tyrimo „Maisto medžiagų balanso skaičiavimo metodikos žemės ūkio augalams“ baigiamąją ataskaitą (Staugaitis ir kt., 2005).

Maisto medžiagų balansas (MMB) – tai įnešamų ir išnešamų (su derliumi ir dėl natūralių netekčių) reikalingų auginamiems augalams mitybos elementų santykis. Maistinių medžiagų balansą galima apskaičiuoti naudojant skirtingus metodus. MMB gali būti teigiamas, neigiamas ir neutralus (subalansuotas). Aplinkosauginiu požiūriu maisto medžiagų balansas leidžia nesumažinant gamybos potencialo, naudojant tikslingą kiekį trąšų gauti planuojamą derlių ir išsaugoti dirvožemio kokybę.

Bendras maistinių medžiagų balansas laikomas vienu iš pagrindinių agrarinės aplinkosaugos rodiklių (EC 2006, 2004, DG AGRI 2006, EC 2014, EU 2013), nes jis parodo galimą vandens taršą dėl maistinių medžiagų praradimo iš žemės ūkio šaltinių, taip pat galimą oro taršą, daugiausia dėl išmetamo amoniako (NH_3). Medžiagų balanso skaičiavimai turėtų būti atliekami pagrindinėms maistinėms medžiagoms – NPK. Aktualiausi būtų azoto ir fosforo balanso skaičiavimai, nes šie elementai turi didžiausią poveikį aplinkai ir pertekliniam jų kiekiui patekus į vandens telkinius ir Baltijos jūrą

susiduriama su ekologinėmis problemomis. Kiekviena ES šalis skaičiavimus atlieka savarankiškai, todėl svarbu palyginti HELCOM ir ES rekomendacijas, kitų Europos šalių patirtį.

Atlikus maisto medžiagų balanso skaičiavimo apžvalgą, paaiškėjo, kad siūlomos skaičiavimo metodikos EU šalyse gana panašios.

Balanso skaičiavimo pagrindą sudaro įnešamos ir išnešamos maistinės medžiagos į/iš lauko. Įnešimo dalyje skaičiuojami maisto medžiagų kiekiai, kurie patenka į lauką. Išnešimo dalyje skaičiuojami maisto medžiagų kiekiai, kurie išnešami iš lauko. Skirtumas ir yra balansas. Maisto medžiagų balansas gali būti skaičiuojamas bet kuriam maisto elementui. Žemdirbiams maisto medžiagų balansas yra priemonė racionaliau ir taupiau naudoti organines ir mineralines trąšas, todėl dažniausiai skaičiuojami azoto, fosforo ir kalio balansai. ES aplinkosaugos politikoje („Nitratus“ direktyva 91/676/EEC, Tarybos reglamentas 1782/2003/EC) į maisto medžiagų balansą žiūrima kaip į priemonę sumažinti vandens taršą, todėl reikalaujama skaičiuoti azoto balansą, rekomenduojama skaičiuoti fosforo balansą ir nėra nuostatų dėl kalio balanso skaičiavimo, nes šis elementas mažiau kenksmingas aplinkai. Kai kur nurodoma, kad reikėtų skaičiuoti azoto, fosforo ir kalio balansus, tačiau tiek HELCOM, tiek ES rekomendacijose didžiausias dėmesys atitenka tik pirmiesiems dviem iš šių elementų, t. y. azotui ir fosforui.

HELCOM (Baltijos jūros aplinkos apsaugos komisija) maistinių medžiagų balanso skaičiavimai, dar vadinami dirvožemio maistinių medžiagų balanso skaičiavimais, yra atliekami siekiant įvertinti maistinių medžiagų, ypač azoto ir fosforo, srautą žemės ūkyje. Šis balansas rodo skirtumą tarp į dirvožemį patekusio ir iš jo pašalinto azoto bei fosforo kiekio, siekiant suprasti galimą taršą ir maistinių medžiagų išplovimą į aplinką, ypač į Baltijos jūrą.

Tręšimo planavimas turėtų būti atliekamas ūkyje prieš kiekvieną auginamą augalą ir tręšiant lauką. Siekiant išvengti N ir P pertekliaus, jų reikėtų naudoti tik tiek, kiek reikia augalams norimam derlingumui išauginti. Augalų mitybos elementų – N ir P balansas turėtų būti atliekamas visam ūkiui, įskaitant ir gyvulininkystę. Todėl vienu atveju žiūrima lauko, o kitu – viso ūkio lygmeniu.

HELCOM dokumente pagrindinis dėmesys skiriamas azotui ir fosforui, bet maistinių medžiagų apskaitą galima atlikti ir kitiems augalų mitybos elementams. Norint sumažinti maistinių medžiagų perteklių ir padidinti jų panaudojimo efektyvumą nurodoma, kad yra svarbu:

- įvertinti augalams prieinamų maisto medžiagų kiekį dirvožemyje,
- tręšimą pritaikyti prie dirvožemio derlingumo potencialo,
- atsižvelgti į su derliumi išnešamų maisto medžiagų kiekį.

Tręšimą azotu reikėtų planuoti kasmet prieš kiekvieno auginamo augalo vegetacijos pradžią, tačiau tręšimą fosforu galima planuoti visai sėjomainai, nes šis elementas nėra toks judrus kaip azotas.

Svarbūs veiksniai, į kuriuos reikia atsižvelgti planuojant tręšimą:

- taisyklės / teisės aktai, ribojantys leistiną maistinių medžiagų kiekį pagal trąšų rūšį, paskleidimo laiką ir būdus,
- dirvožemio mėginių ėmimas siekiant sudaryti dirvožemio žemėlapi ir/ar sukurti duomenų bazę su informacija apie dirvožemio pH ir judriojo fosforo kiekį laukuose,
- taikyti tikslųjį tręšimą.

Naudinga, jei įtraukiama ir daugiau informacijos, pvz., dirvožemio granulimetrinė sudėtis, organinės anglies, azoto ir kitų augalų mitybos elementų (maistinių medžiagų) kiekiai. Tikslusis tręšimas atliekamas, remiantis turima informacija, kiekvienam laukui individualiai ir net lauke yra išskaidoma ir tręšiama pagal lauke esančias skirtingo derlingumo vietas, kurios skiriasi mitybinių elementų kiekiu (Guidelines on Fertilisation ..., 2024).

Pagal HELCOM, pasėliams reikalingas tręšimas azotu ir fosforu priklauso nuo:

- auginamų augalų ir jų planuojamo derlingumo,
- priešsėlio ir augalams prieinamų maistinių medžiagų dirvožemyje,
- biologinio azoto fiksavimo,
- organinių medžiagų kiekio dirvožemyje,

Kaip trąšų naudojimo gairės, pateikiami veiksniai, į kuriuos reikia atsižvelgti:

- galimus maistinių medžiagų šaltinius: organines (pvz., mėšlas ir kitos organinės medžiagos) arba mineralines trąšas,
- ar naudojamų trąšų sudėtis atitinka pasėlių poreikius, ar reikia papildomai tręšti,
- galimus trąšų paskleidimo ir/ar įterpimo būdus,
- maistinių medžiagų paskleidimo laiką, siekiant sumažinti nuostolius ir padidinti maistinių medžiagų naudojimo efektyvumą,
- tręšimo azotu pritaikymą prie meteorologinių sąlygų,
- tręšimą fosforu kasmet arba vienu metu keleriems metams.

Maistinių medžiagų balanso skaičiavimo pagrindiniai aspektai pagal HELCOM rekomendacijas yra augalų mitybos elementų įnešimo ir išnešimo skaičiavimas.

Įnešimas – nustatomi pagrindiniai maistinių medžiagų šaltiniai, tokie kaip mineralinės ir organinės trąšos, biologinis azoto fiksavimas, sėklinė medžiaga.

Išnešimas – skaičiuojamos maistinės medžiagos išnešamos su derliumi ir šalutine produkcija, taip pat nuostoliai dėl išplovimo, išgaravimo ir kt. Įtraukiami regioniniai ypatumai.

Rekomenduojama, atsižvelgiant į skirtingų Baltijos jūros regiono šalių žemės ūkio praktiką, dirvožemio savybes ir klimatinės sąlygas:

- didinti trąšų naudojimo efektyvumą, siekiant optimizuoti trąšų naudojimą, kad būtų išvengta perteklinio tręšimo ir su juo susijusių nuostolių bei aplinkos taršos;
- pabrėžiama duomenų rinkimo ir analizės svarba. Rekomenduojama rinkti ir analizuoti duomenis, kad būtų galima tiksliai įvertinti trąšų naudojimą ir jo poveikį aplinkai;
- skatinti integruotą požiūrį į maistinių medžiagų valdymą, apimančią tiek augalininkystę, tiek gyvulininkystę.

Nurodoma bendrinė formulė, pagal kurią apskaičiuojamas maistinių medžiagų balansas (N arba P balansas):

Maistinių medžiagų balansas (perteklius) = Įnešimai – Išnešimai

Įnešimai apima:

- Trąšas (mineralines ir organines trąšas),
- Su krituliais į dirvą patenkantis azotas (daugiausia azotui)
- Biologinę azoto fiksaciją (azotui, iš pupinių augalų ir kitų azotą fiksuojančių augalų)
- Sėklų ir sodinamosios medžiagos maistines medžiagas

Išnešimai apima:

- Pagrindinės produkcijos išvežimą (maistines medžiagas, kurios yra susikaupusios nuimtame derliuje)
- Augalų likučius (tais atvejais kai augalų liekanos pašalinamos iš lauko)

Balanso reikšmė gali būti:

Perteklinė (gaunama teigiama reikšmė): kai maistinių medžiagų įnašai viršija maisto medžiagų išnešimą su derliumi, gali susidaryti rizika maistinių medžiagų išplovimui ar nutekėjimui.

Trūkumas (gaunama neigiama reikšmė): kai maisto medžiagų išnešimas su derliumi viršija maistinių medžiagų įnašus. Dirvožemis alinamas, mažėja maisto medžiagų kiekis dirvožemyje.

Balansas dažniausiai išreiškiamas kilogramais N arba P (judriojo fosforo – P₂O₅) vienam hektarui/ūkiui per metus. Balansas gali būti skaičiuojamas kiekvieniems kalendoriniams arba

kiekvieniems derliaus metams. Pastarasis gali būti tinkamesnis skaičiavimams lauko lygiu, nes apimtų laikotarpį nuo augalų sėjos/sodinimo iki jų derliaus nuėmimo. Metiniai balansai gali labai skirtis vieni nuo kitų, nes juos gali veikti skirtingi veiksniai, pvz. meteorologinės sąlygos. Taigi, svarbu sekti balansus ir jų raidą bėgant metams. Patartina žiūrėti bent į trejų metų vidurkį. Informacija iš lauko balanso skaičiavimo gali būti tiesiogiai naudojama planuojant tręšimą ateinantiems metams. Maistinių medžiagų balansas apytiksliai rodo azoto ir fosforo praradimo riziką (Guidelines on Fertilisation ..., 2024).

Pagal EUROSTAT (Europos Sąjungos statistikos tarnyba) Bendrasis maistinių medžiagų balansas (BMMB) leidžia suprasti sąsajas tarp žemės ūkio maistinių medžiagų naudojimo, jų nuostolių ir tausaus dirvožemio maistinių medžiagų išteklių naudojimo. Jį sudaro bendrojo azoto balansas ir bendrojo fosforo balansas ir jis rodo galimą dviejų svarbių dirvožemio ir augalų maistinių medžiagų pertekliaus arba trūkumo grėsmę žemės ūkio paskirties žemėje. Bei taip pat parodo ryšį tarp žemės ūkio veiklos ir poveikio aplinkai, identifikuoja veiksnius, lemiančius maistinių medžiagų perteklių arba deficitą, ir tendencijas laikui bėgant.

ES rekomendacijose, kaip ir HELCOM, azotas ir fosforas yra pagrindiniai augalų augimo elementai, kurie susilaukia daugiausiai dėmesio. Nuolatinis šių maistinių medžiagų trūkumas ilgai gali sukelti dirvožemio degradaciją. Nuolat naudojant per daug, jie gali sukelti paviršinio ir požeminio vandens (įskaitant geriamąjį) taršą ir eutrofikaciją (Gross nutrient balance, 2024).

BMMB taip pat apima azoto praradimą iš gyvulininkystės ir mėšlo bei trąšų naudojimo. Šios azoto emisijos apima: amoniako (NH_3), prisidedančio prie rūgštėjimo, eutrofikacijos ir atmosferos taršos kietosiomis dalelėmis bei azoto oksido (N_2O), stiprių šiltnamio efektą sukeliančios dujų, skatinančių visuotinį atšilimą emisijas.

Pagal EUROSTAT BMMB apskaičiuojamas tarp maistinių medžiagų patekimo į dirvožemį ir išnešimo iš jo kiekius.

Inešimas:

- Mineralinės trąšos,
- Bendrosios mėšlo sąnaudos
- Kiti įnešimai.

Išnešimas:

- Maistinių medžiagų išnešimas su derliumi (pvz. su grūdais)
- Maistinių medžiagų išnešimas, nuimant derlių pašarams,
- Pasėlių likučiai (šalutinė produkcija) išvežimas iš lauko.

Grynasis azoto balansas apskaičiuojamas iš BMMB atimant azoto emisijas. Taip pat pateikiami likučiai vienam naudojamam žemės ūkio naudmenų hektarui. Bendras į balansą patekęs ir išleidžiamas maistinių medžiagų kiekis (išskyrus mineralines trąšas) apskaičiuojamas padauginus bendrą organinių medžiagų kiekį tonomis iš maistinių medžiagų kiekio kg t^{-1} .

Vertinimuose naudojami faktoriai:

- mineralinių ir kitų organinių trąšų (išskyrus mėšlą) sunaudojimas (tonomis),
- gyvulių populiacija (1000 galvijų),
- mėšlo importas, eksportas (tonomis),
- augalininkystės produkcija ir pašarų gamyba (t),
- pasėlių likučiai, pašalinti iš lauko (tonomis),
- iš lauko pašalintų augalų likučių (t) panaudojimas kituose žemės ūkio paskirties plotuose.

Jei įmanoma, šie veiksniai yra tiesiogiai gaunami iš augalininkystės ir gyvulininkystės statistikos. Koeficientus (maisto medžiagų kiekius produkcijoje) ES šalys įvertina, remiantis keliais metodais, įskaitant matavimus, mokslinius tyrimus, modeliavimą, ekspertų vertinimus ir numatytąsias vertes.

Pagal OECD/Eurostato apibrėžimą (OECD, 2007) bendrasis maistinių medžiagų balansas apima visas liekamasias maistinių medžiagų emisijas iš žemės ūkio į dirvožemį, vandenį ir orą. Tai reiškia, kad maistinių medžiagų nuostoliai iš dirvožemio dėl išplovimo, nuotėkio ir azoto nuostoliai dėl denitrifikacijos ir garavimo yra įtraukiami į balansą, taip pat amoniako (NH_3) išgaravimas, kuris vyksta mėšlo susidarymo, laikymo ir barstymo metu. Maistinių medžiagų (MM) balansas yra apskaičiuojamas kaip skirtumas tarp maistinių medžiagų patekimo ir išnešimo:

1. Bendras MM balansas = MM įnešimas – MM išnešimas

2. Bendrasis azoto balansas = (mineralinės trąšos + gyvulių mėšlas + biologinė fiksacija + patekimas su krituliais) – maisto medžiagų kiekis užaugintoje produkcijoje

3. Bendrasis fosforo balansas = (mineralinės trąšos + gyvulių mėšlas) – maisto medžiagų kiekis užaugintoje produkcijoje

Teigiamas bendrasis maistinių medžiagų balansas rodo, kad prarastos maistinės medžiagos gali kauptis dirvožemyje arba patekti į vandenį ir orą, todėl kyla aplinkos taršos rizika. Neigiamas bendrasis maistinių medžiagų balansas reiškia, kad dirvožemis laikui bėgant gali prarasti derlingumą.

Estijos patirtis. Estijoje ūkininkai oficialiai neprivalo skaičiuoti maistinių medžiagų balanso, tačiau kai kurie pažangūs ūkininkai tai praktikuoja. Vienas „Baltic Deal“ vykdyto projekto rezultatas yra

planavimo įrankio „MS Excel pagrindu ūkio maistinių medžiagų balanso skaičiavimo skaičiuoklės programa“ sukūrimas (2013 m.). Tačiau aplikacija nėra plačiai naudojama; nes pasibaigus projektui nebuvo palaikymo proceso. Ūkininkai, kurie kreipiasi dėl aplinkai nekenksmingo valdymo schemos pagal Kaimo plėtros planą, privalo sudaryti tręšimo planą. Bendrąjį maistinių medžiagų balansą nacionaliniu lygiu apskaičiuoja Estijos statistikos tarnyba. Balansai sudaromi naudojant OECD (Ekonominio bendradarbiavimo ir plėtros organizacijos) ir Eurostat metodiką (Status of nutrient .., 2015).

Bendrasis maistinių medžiagų balansas apskaičiuojamas kaip įneštas bendras azoto/fosforo kiekis, atėmus bendrą azoto/fosforo kiekį, kuris buvo išneštas.

Skaičiavimuose prie įnešamų maistinių medžiagų priskiriama:

- a) mineralinės trąšos;
- b) gyvulių mėšlas;
- c) biologinis azoto fiksavimas,
- d) su krituliais į dirvą patenkantis azotas,
- e) kitos šaltiniai (sėklos ir sodinamoji medžiaga).

Skaičiavimuose prie išnešamų maistinių medžiagų priskiriamos:

- a) visas nuimtas derlius,
- b) bendras derlius pašarams (žali augalai naudojami pašarui; laikinai sunaudojama žolė ganykloje; bendras daugiamečių pievų sunaudojimas,
- c) iš lauko pašalintos augalinės liekanos po derliaus nuėmimo arba nuganomi pasėlių likučiai.

Vokietijos patirtis. Be OECD rekomenduojamo bendrojo dirvožemio balanso skaičiavimo (OECD/Eurostat, 2003), taip pat yra grynasis dirvožemio balansas, gyvulių balansas ir ūkio balansas (ang. Farm gate balance). Kiekvienas iš šių metodų subalansuoja maistines medžiagas, įneštas į žemės ūkio sistemą, ir maistines medžiagas, pašalintas iš sistemos vienam hektarui žemės ūkio paskirties žemės. Priklausomai nuo balanso, kurį reikia apskaičiuoti, maistinių medžiagų įnešimo ir išnešimo kintamieji skiriasi (30 lentelė) (Panten ir kt., 2009).

M. Bach ir H. G. Frede (1998) apskaičiavo N balansus Vokietijai. M. Bach ir kt. (2003) ir Osterburg ir Schmidt (2008) apskaičiavo balansus regiono masteliu. Norint įvertinti tręšimo strategijas ūkio lygmeniu, būtina apskaičiuoti balansą kiekvienam ūkiui ar dar geriau kiekvienam laukui. M. Quirin ir kt. (2004) parodė, kaip N perteklius gali būti atsektas iki skirtingo tręšimo skirtinguose vieno ūkio laukuose. Vokietijoje ūkininkai privalo sudaryti vadinamuosius metinius ir daugiamečius maistinių medžiagų valdymo planus, kad būtų fiksuojamas ūkio maistinių medžiagų kiekis ir išeiga.

30 lentelė. Bendrojo ir grynojo dirvožemio balanso, gyvulių balanso ir ūkio balanso kintamieji

Balanso kintamieji	Bendrasis dirvožemio balansas	Grynasis dirvožemio balansas	Gyvulių balansas	Ūkio balansas
Įnešimas				
Mineralinės trąšos	+	+		+
Organinės trąšos	+	+		+
Gyvulių mėšlas	+	+		
Patekimas su krituliais*	+	+		+
Biologinis N-fiksavimas*	+	+		+
Sėkla ir sodinamoji medžiaga	+	+		+
Įnešti pašarai			+	+
Pašarai iš vietinės maisto pramonės			+	+
Pašarai (vidaus gamyba)			+	
Išnešimas				
Visas nuimtas derlius ir pašarai	-	-		
Grynieji derliai				-
Produktai iš gyvulių			-	-
Gyvulių mėšlas			-	
N emisija*		-		
N apyvartos procesų paklausa*		-		
Perteklius/deficitas	= suma	= suma	= suma	= suma

* – tik azoto atvejui

Maistinių medžiagų balansai apskaičiuojami kaip maistinių medžiagų įnešimų ir išnešimų skirtumas. N ir P balansams reikalingi panašūs statistiniai įvesties kintamieji ir atitinkami N ir P koeficientai. Skaičiuojant azoto balansą įtraukiamas N praradimas iš dirvožemį ir patekimas į vandenį ir orą, tačiau P atveju, tai neįtraukiama. Vokietijoje OECD rekomendacijos apie bendrąjį N balansą pirmą kartą buvo paskelbtos 2003 m. ir naudojamos kaip gairės atliekant skaičiavimus. Daugelis Europos Sąjungos šalių bendrojo balanso skaičiavimams remiasi OECD metodika, kad būtų galima palyginti gaunamus rezultatus (Panten ir kt., 2009).

Nacionaliniam bendrajam N dirvožemio balansui apskaičiuoti reikalingi duomenys yra mineralinės ir organinės trąšos, gyvulių mėšlas, biologinis azoto fiksavimas, sėklos ir sodinamoji medžiaga bei bendras nuimtas derlius ir pašarai (30 lentelė). Kiekvienas iš šių kintamųjų yra toliau segmentuojamas (31 lentelė). Apskaičiuojant ploto vieneta, reikalingi papildomi žemės naudojimo duomenys. Daugumą šių įnešimų ir išnešimų kintamųjų pateikia Federalinė statistikos tarnyba (Destatis), Vokietija. Kasmet skelbiama mitybos, žemės ūkio ir miškininkystės statistika sudaro didžiąją duomenų bazės dalį (pavyzdžiui, Statistisches Jahrbuch, 2005). Nuo 2002–2003 m. internetinės statistinės lentelės (GENISIS) naudojamos, kurios yra prieinamos Destatis pagrindiniame internetiniame puslapyje

31 lentelėje pateikiamas OECD kodas, atitinkami skaičiavimui reikalingi kintamieji ir koeficientai bei vienetai, kuriais jie pateikiami. Papildomi duomenys apie medžiagų patekimą iš atmosferos į dirvožemį gaunami iš ilgalaikių oro teršalų nusėdimo apkrovų tendencijų Vokietijoje ir buvo nustatyta azoto emisija iki 23 kg ha⁻¹ per metus (Gauger ir kt., 2002).

31 lentelė. OECD kodai, įnešimo ir išnešimo kintamieji, N koeficientai ir vienetai, naudojami Vokietijos bendrojo N dirvožemio balansų apskaičiavimui pagal OECD metodą

OECD kodas	Kintamieji ir N koeficientai ¹	Vienetai N koeficientų
L1	Bendras plotas	
L11	Bendras žemės plotas	
L111	Žemės ūkio paskirties žemė (ariamoji žemė, daugiamečių pasėlių žemė ir daugiametė ganykla)	
F1	Visos trąšos	
F11	Bendras mineralinių trąšų kiekis (N trąšos)	
F12	Bendras organinių produktų kiekis (nuotekų dumblas [39,5], miesto kompostas [14,3])	
A1	Gyvulių mėšlo gamyba	
A11	Bendras galvijų skaičius (skersti veršeliai, kiti veršeliai ir patelės (<1 m.) [25], galvijų patinai ir patelės (1-2 m.) [47], galvijų patinai, veisliniai galvijai telyčios, skersti skirtos telyčios (>2 m.) [59], melžiamos karvės [115] ir kitos karvės [98])	kg Mg ⁻¹ N
A12	Bendras kiaulių skaičius (paršeliai (<20 kg [4] ir 20–50 kg [13]), penimos kiaulės [13], veisliniai šernai [13] ir paršavedės (>50 kg) [26]) kg galva-1 m.-1 N	
A13	Iš viso avys ir ožkos (avys [10], ėriukai [10] ir ožkos [13])	kg vnt. ⁻¹ m. ⁻¹ N
A14	Bendras naminių paukščių (broileriai [0,29], sluoksniai [0,73] ir kiti viščiukai [0,28]), antys [0,55], kalakutai [1,6] ir kiti naminiai paukščiai [0,8])	kg vnt. ⁻¹ m. ⁻¹ N
A19	Iš viso kitų gyvulių (arklių [68])	kg vnt. ⁻¹ m. ⁻¹ N
C2	Visas nuimtas derlius ir pašaras	
C21	Visas nuimtas derlius	
C211	Bendras javų kiekis (vasariniai kviečiai [18], žieminiai kviečiai [22], kietieji kviečiai [18], miežiai [17], kukurūzai [15], avižos [15], rugiai [15], kiti stambūs grūdai [14], kvietrugiai [18] ir kiti javai [17])	kg Mg ⁻¹ N
C212	Bendri aliejiniai augalai (saulėgrąžos [28], rapsai [33] ir kiti aliejiniai augalai [35])	kg Mg ⁻¹ N
C213	Bendras džiovintų ankštinių augalų ir pupelių kiekis [39]	kg Mg ⁻¹ N
C214	Bendras šakniavaisiai (bulvės [3,5])	kg Mg ⁻¹ N
C215	Bendras vaisių plotas (vaisiai [44] ir vynuogininkystė [25])	kg ha ⁻¹ N
C216	Bendras daržovių kiekis [2,9]	kg Mg ⁻¹ N
C217	Bendri pramoniniai augalai (cukriniai runkeliai [1,8], tabakas [30] ir apyniai [30])	kg Mg ⁻¹ N
C22	Bendras pašaras	

C221	Visas nuimtas pašarinių augalų derlius (pašariniai runkeliai [1.4], kiti pašariniai šakniavaisiai [1.4], dobilai [25], liucerna [25], silosiniai kukurūzai [3.8] ir kiti nuimti derliai pašariniai augalai [3.5])	kg Mg ⁻¹ N
C222	Bendras ganyklų suvartojimas (laikinas [24], daugiametės ganyklos suvartojimas [22] ir alpinės ganyklos bei grubus ganymas [15,5])	kg Mg ⁻¹ N
C23	Bendras iš lauko išnešti augalinių liekanų kiekis (šiaudai [5] ir kitų augalų likučiai [3])	kg Mg ⁻¹ N
C11	Bendros sėklų ir sodinamosios medžiagos kiekis	
C111	Bendras javų kiekis (kviečiai [18], miežiai [16.1], kukurūzai [15], avižos [15], rugiai [15] ir kiti javai [18])	kg ha ⁻¹ N
C112	Bendri aliejiniai augalai (saulėgrąžos [28], rapsai [33] ir kiti aliejiniai augalai [35])	kg ha ⁻¹ N
C113	Bendras šakniavaisių kiekis (bulvės [3.5])	kg ha ⁻¹ N
C213	Iš viso džiovintų ankštinių augalų ir pupelių kiekis	kg ha ⁻¹ N
B1	Biologinė N fiksacija	
B11	Bendras ankštinių augalų (ankštinių [176], dobilų [198] ir liucernos [285]) plotas	kg ha ⁻¹ N
B12	Laisvi gyvi organizmai (daugiametė ganykla [30])	kg ha ⁻¹ N
D1	Patekimas su krituliais	

Pastaba: ¹ N koeficientai nurodyti [skliausteliuose] ir yra pagrįsti 86 % sausosios medžiagos (SM) grūdams, 91 % SM rapsams ir 28 % SM siloso kukurūzams; m.- metai.

Azoto koeficientai. Visus statistinius gyvulininkystės ir augalininkystės duomenis reikia konvertuoti į N ekvivalentus, kurie leistų susumuoti bendrą N sąnaudų ir produkcijos kiekį ir juos subalansuoti. Norint konvertuoti įvairius kintamuosius iš pradinio įrašyto vieneto į bendruosius vienetus, naudojami N koeficientai. Dauguma N koeficientų yra pateikiami iš Vokietijos Trąšų paskleidimo potvarkio (MVV, 1996). 31 lentelėje po kintamųjų skliausteliuose pateikti skaičiavimuose naudojami koeficientai. Matyti, kad kai kurie OECD nurodyti kintamieji kaip pvz. ryžiai ir sorgai nėra svarbūs Vokietijos balansams. Kitais atvejais Vokietijos statistikos ir koeficientų duomenų bazė leidžia patobulinti skaičiavimą toliau diversifikuojant.

Azoto koeficientai kompostui ir nuotekų dumblui nenumatyti Vokietijos trąšų naudojimo potvarkyje (MVV, 1996), šie koeficientai yra gauti iš kitų turimų šaltinių. Komposto N koeficientai buvo gauti iš Federalinės aplinkos agentūros (Bannick ir kt., 2001).

Pagal 32 lentelės duomenis apskaičiuotas N kiekio, pašalinto su „bendru grūdų kiekiu“, pateiktas pavyzdys:

$$\text{grūdai [kg N]} = \text{SWy} \cdot 18 + \text{WWy} \cdot 22 + \text{DWy} \cdot 8 + \text{By} \cdot 7 + \text{My} \cdot 15 + \text{Oy} \cdot 15 + \text{Ry} \cdot 15 + \text{CGy} \cdot 4 + \text{Ty} \cdot 18$$

32 lentelė. Azoto koeficientai bendram iš javų nuimtam N kiekiui apskaičiuoti

C211	Visas nuimtas javų derlius [Mg]	N koeficientas ⁵ [kg Mg ⁻¹ N]
C2111	Kviečiai	
C21111	Paprastieji kviečiai	
C211111	Vasariniai kviečiai (SWy)	18
C211112	Žieminiai kviečiai (WWy)	22
C21112	Kietieji kviečiai (DWy)	18
C2112	Ryžiai	
C2113	Stambiagrūdžiai	
C21131	Miežiai ¹ (By)	17
C21132	Kukurūzai (My)	15
C21133	Soros	
C21134	Avižos (Oy)	15
C21135	Rugiai ² (Ry)	15
C21136	Sorgas	
C21139	Kiti stambūs grūdai ³ (CGy)	14
C2119	Kiti grūdai	
C21191	Kvietrugiai (Ty)	18
C21199	Kiti grūdų tipai ⁴ (OCy)	17

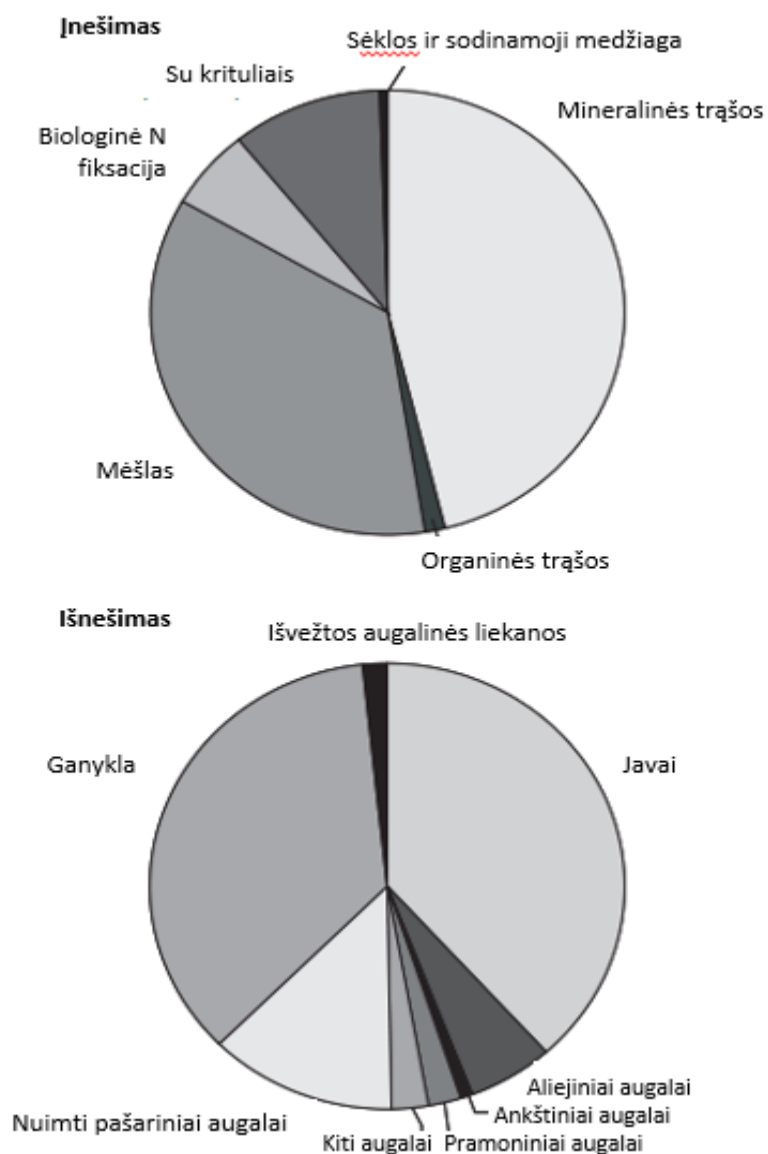
¹ žieminių miežių; ² žieminių rugių; ³ salykliniai miežiai; ⁴ vasariniai miežiai, ⁵ remiantis 86 % sauso sauso

Priklausomai nuo įvesties kintamųjų santykio bendrajame N dirvožemio paviršiaus balanse, jų įtaka bendrai neapibrėžčiai gali būti didelė (26 pav.). Kaip matyti, mineralinės trąšos ir gyvulių mėšlas yra pagrindiniai balanso kintamieji. Abu šių įnešimo kintamųjų duomenų šaltiniai turi savo neapibrėžtumą. Nors azoto kiekis iš mineralinių trąšų yra pagrįstas pardavimo duomenimis, o ne faktiškai panaudotu N trąšų kiekiu, o gyvulių mėšlo sąnaudos apskaičiuojamos pagal gyvulių skaičių.

Galvijai ir kiaulės skaičiuoti du kartus per metus (gegužę ir lapkritį) ir, kaip nuspręsta, balanse naudoti lapkričio mėn. Visi kiti gyvūnai kasmet neskaičiuoti, naudotas praėjusių metų skaičius. Dėl būtinybės atnaujinti likutį kasmet, negalima naudoti ankstesnių ir kitų metų vidurkio, nes pastarųjų duomenų dar nėra. Be to, kai kurie duomenys yra tik apytiksliai, pavyzdžiui, ožkų skaičius.

Nuotekų dumblas ir miesto kompostas, kurie yra sumuojami į kintamąsias organines trąšas, Vokietijos statistikoje fiksuojami ne pastoviai, todėl trūkstami duomenys buvo pakeisti ankstesnių metų duomenimis. N produkcijos vertės daugiausia lemia javai, ganyklos ir nuimti pašariniai augalai (26 pav.). Javų, cukrinių ir pašarinių runkelių lapų, ganyklų, vaisių, vynuogininkystės ir daržovių derlių apskaičiuoja Vokietijos valstybinės statistikos tarnybos ir praneša Destatis. Javų, bulvių ir žieminių rapsų atveju faktinės atrinktų laukų derlingumo vertės (ne daugiau kaip 10 000) fiksuojamos ir ekstrapoliuojamos į nacionalinį lygmenį. Cukrinių runkelių derlių pateikia cukraus pramonė ir jie priklauso nuo į cukraus fabriką pristatytų runkelių kiekių. Vynuogių derlius taip pat pagrįstas pranešimais

apie derlių į vynuogių auginimo registrą. Vaisių derlius apskaičiuojamas pagal pasėlių plotą arba medžių derlių. Daržovių derlingumas vertinamas pagal pasėtą plotą.



26 pav. Proporcinga N įnešimo ir išnešimo kintamųjų dalis N balanse (1992– 2006 m.) (Panten ir kt., 2009)

Bendras pagrindinis rūpestis yra ganyklų derlingumo įvertinimas, nes šis kintamasis turi didelę proporcingą įtaką (26 pav.). Šis kintamasis ne tik įvertinamas, bet ir turi būti atsižvelgta į N nuostolius valdant žemės ūkį. Manoma, kad Vokietijoje ganyklų derlius sumažės 15 proc., o tai yra mažesnis nei OECD pasiūlytas 30 proc.

Maistinių medžiagų modeliavimas kiekviename tiekimo grandinės etape reikalauja specialių metodų galimiems maistinių medžiagų nuostoliams ir atsargų pokyčiams įvertinti. Maistinių medžiagų modeliavimas pasėlių ir ganyklų gamyboje reikalauja informacijos apie visus maistinių medžiagų srautus, įskaitant įnešimus į dirvožemį, dirvožemyje esančių atsargų pokyčius, nuimtos biomasės išnešimus. Tačiau jokiame duomenų rinkinyje nėra tiesioginio ar visiško dirvožemyje esančių maistinių medžiagų kiekių, jų pokyčių ir nuostolių matavimo. Todėl esamais modeliais bandoma modeliuoti dirvožemio maistinių medžiagų pokyčius ir tik tada iš masės balanso atimti kitą kintamąjį. Atlikus literatūrinės medžiagos analizę, nustatyti trys metodai dirvožemio atsargų pokyčiui ir N nuostoliams įvertinti:

1 metodu (M1) N nuostoliai įvertinami naudojant lauko balansą ir darant prielaidą, kad dirvožemio atsargų pokytis yra 0 (Eurostatas, 2013).

2 metodu (M2) įvertinami N nuostoliai dėl maistinių medžiagų dinamikos skirtinguose vieneto procesuose, remiantis keliomis prielaidomis (Velthof ir kt., 2009).

3 metodas (M3) įvertina minimalų ir didžiausią azoto naudojimo efektyvumus ir taiko juos empirinei lygčiai, kad įvertintų atsargų pokyčius (Özbek ir Leip, 2015).

Azoto balanso įvertinimo metodas pateiktas 27 paveiksle. Azoto balansas – tai visas medžiagų, sudėtyje turinčių N, patekimas į dirvožemį, vandenį ir orą, atsirandantis dėl N įnešimo, įskaitant mineralines trąšas, mėšlą, augalines liekanas, biologinį N fiksavimą ir su krituliais į dirvą patenkantis azotas (OECD/EUROSTAT, 2007). Azoto balansas apskaičiuojamas pagal lygtį (Velthof ir kt., 2009):

$$\text{Azoto balansas} = N_{\text{Atm}} + N_{\text{Runoff}} + N_{\text{Leaching}}$$

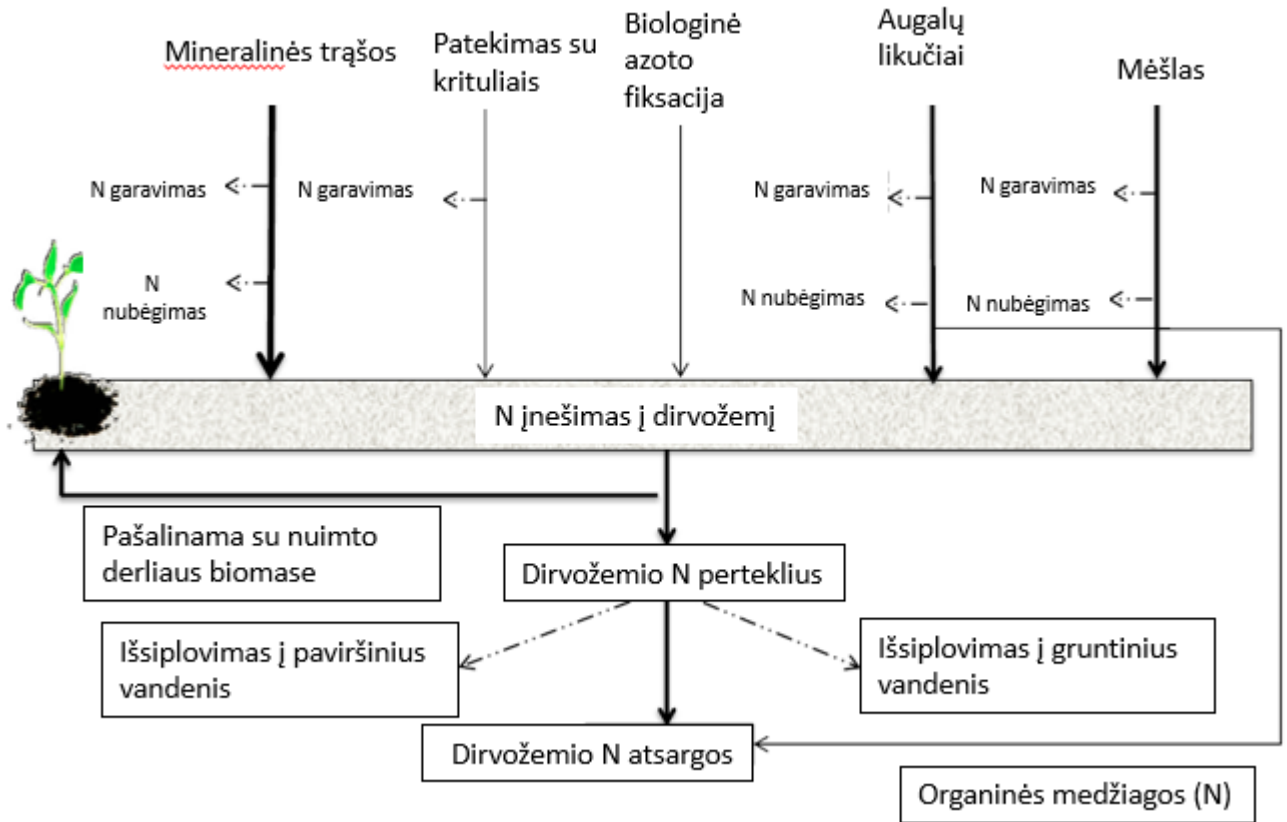
Kur: N_{Atm} - N išsiskyrimas į orą (pvz., NH_3 , N_2O , NO_x), apskaičiuotą pagal IPCC metodą (IPCC, 2006); N_{Runoff} - paviršinis N nuotekėjimas, apskaičiuotas naudojant konkrečios šalies nuotėkio frakcijas; N_{Leaching} reiškia N išplovimą, įvertintą kaip azoto dirvožemio perteklius, išplaunamo į gruntinį ir paviršinį vandenį, dalis.

N kiekio pokytis įvertinamas pagal lygtį:

$$\text{N kiekio pokytis} = (N_{\text{Organic}} + N_{\text{SoilSurplus}}) - N_{\text{Leaching}}$$

Kur: N_{Organic} – oraninis azotas, kuris nėra mineralizuotas; $N_{\text{SoilSurplus}}$ - N dirvožemio perteklius suma, o N_{Leaching} – išplautas azotas.

N kiekio pokytis gali būti neigiamas, kai grynasis azoto kiekis yra mažesnis nei azoto išnešimas su užauginta produkcija.



27 pav. Azoto balansas (Velthof ir kt., 2009; Uwizeye, 2019)

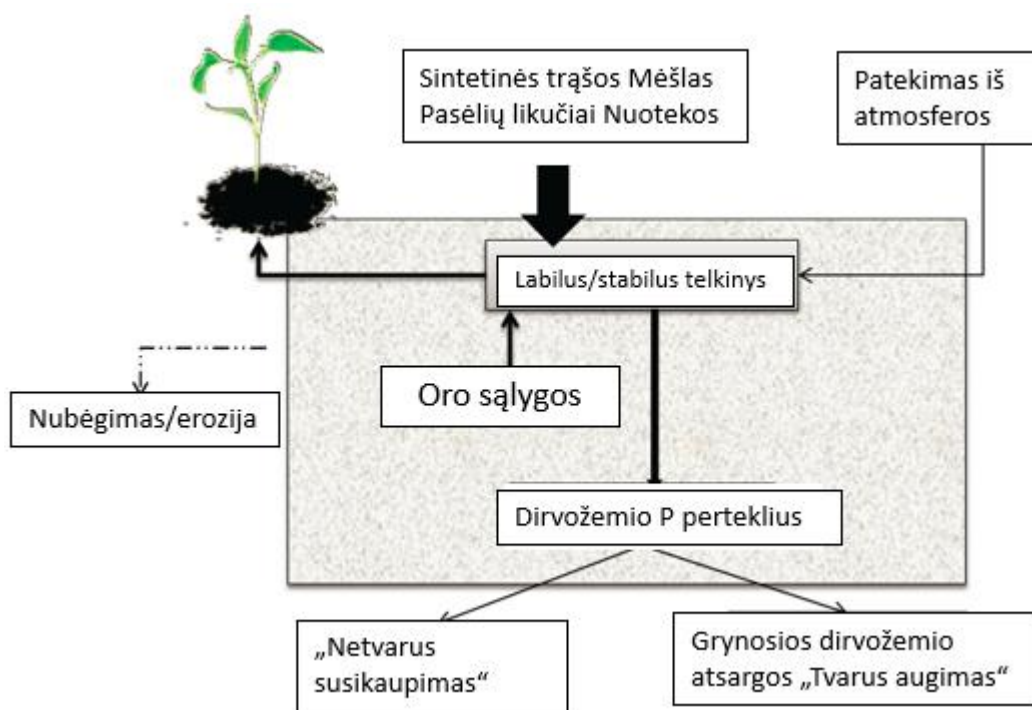
OECD/Eurostat'o 2007 m. vadovuose biologinis azoto fiksavimas pagal pupinius (ankštinius) augalus nustatomas ankštinių augalų plotą padauginus iš fiksacijos koeficiento. Biologinio azoto fiksavimo rodikliai priklauso nuo daugelio aplinkos veiksnių, nuo ūkyje taikomų auginimo technologijų, dirvožemio sudėties ir gali svyruoti labai dideliu intervalu (Peoples ir kt., 1995). Tai atsispindi ir M. Unkovich ir kt. (2008) mokslininkų padarytoje tyrimų apžvalgoje, koks galimas platus biologinės azoto fiksacijos verčių diapazonas (33 lentelė). Todėl labai apsunkina atlikti tikslesnius azoto balanso skaičiavimus.

Fosforo balanso (FB) įvertinimo metodas pateiktas 28 pav. Norint įvertinti FB, žemės ūkio paskirties dirvožemiai skirstomi į dvi kategorijas: nepakankamo/optimalaus derlingumo ir perteklinio derlingumo dirvožemius, naudojant Europos dirvožemių P duomenis pasėliams ir pievoms (Tóth ir kt., 2013). Uwizeye ir kt. (2019) apibrėžia nepakankamus/optimalius dirvožemius, kai dirvožemio P kiekis

yra mažesnis nei 50 mg kg⁻¹ dirvožemio, ir perteklinį derlingumą, kai dirvožemio P kiekis yra didesnis arba lygus 50 mg kg⁻¹ dirvožemio (Horta ir Torrent, 2007; Tóth ir kt., 2014).

33 lentelė. Biologinio azoto fiksavimo matavimų kitimas (kg N ha⁻¹ per metus) (Unkovich ir kt., 2008)

Augalų rūšis	Išmatuota variacija	Dažniausiai nustatyta reikšmė
Žaliosios trąšos pasėliai	5-325	50-150
Ganyklos/pašariniai ankštiniai augalai	1-680	50-250
Ankštiniai augalai	0-450	30-15



28 pav. Fosforo balansas (Batjes, 2011; Sattari ir kt., 2012; Uwizeye, 2019)

Jei dirvožemis yra nepakankamas/optimalus, dirvožemio P balansas laikomas tvarių kaupimu (Schulte ir kt., 2010; Ulén ir kt., 2007), nes reikia padidinti augalų P įsisavinimą. Tvarus kaupimasis apibrėžiamas kaip P kiekis, reikalingas galimam P trūkumui padengti arba dirvožemio P lygiui palaikyti (Batjes, 2011). Perteklinio derlingumo dirvožemiuose P perteklius skirstomas į tvarų ir netvarų kaupimąsi. Netvarus kaupimasis apibrėžiamas kaip nepageidaujamas P kaupimasis dirvožemyje, kurio augalai negali paimti, nebent laikui bėgant pasikeistų dirvožemio valdymas, ir tai gali padidinti P iššiplovimo / nuotėkio riziką. Bendras P pateikimas į labilius ir stabilius telkinius apima mineralines

trąšas, mėšlą, pasėlių likučius, nuotekas, atmosferos nusodinimą ir atmosferos poveikį. P balansas įvertinamas pagal lygtį (Schulte ir kt., 2010; Batjes, 2011):

$$\text{Fosforo balansas} = (\text{P}_{\text{Erozijos}} + \text{P}_{\text{Nuotėkio}}) + \text{P}_{\text{Netvarus}}$$

Kur: $\text{P}_{\text{Erozijos}}$ - P nuostolis dėl dirvožemio erozijos, $\text{P}_{\text{Nuotėkio}}$ - paviršinis P nuotėkis, $\text{P}_{\text{Netvarus}}$ - dirvožemio P kaupimosi dalis, kuri nėra reikalinga dirvožemio P sukaupimui, ir yra apskaičiuojama naudojant P atkūrimo frakcijas, atitinkančias galimą P sulaikymą.

Išanalizuoti pavyzdžiai rodo, kad iš esmės siekiama įtraukti visus maistinių medžiagų srautus, duomenų prieinamumo ir kokybės problemos lemia tam tikrų srautų eliminavimą ir neįtraukimą į maistinių medžiagų balanso skaičiavimo bei vertinimo įgyvendinimą, pvz. su krituliais į dirvą patenkantis fosforas, pasėlių liekanos ir biologinė azoto fiksacija. Praktinis įgyvendinimas dar labiau išskiria srautus, kurių duomenų pateikimas yra privalomas, ir srautus, kurių duomenų ataskaitų teikimas yra neprivalomas. Privalomiems praktinio įgyvendinimo srautams nustatomos numatytosios įverčių procedūros. Kai kurie srautai šiuo metu yra neprivalomi praktiškai, nes nėra visų šalių duomenų ir sunku nustatyti numatytuosius įvertinimus, pvz. kitų organinių trąšų naudojimas, mėšlo apdorojimas ir mėšlo naudojimas ne žemės ūkyje. Privalomiesiems srautams minimalus duomenų ataskaitų teikimo reikalavimas yra nustatytas praktiškai įgyvendinant, siekiant užtikrinti minimalų azoto balanso ir fosforo balanso įvertinimų palyginamumo ir skaidrumo lygį įvairiose šalyse. Tačiau šalys raginamos viršyti šį minimalų duomenų reikalavimą, kad pateiktų kuo daugiau išsamios informacijos apie srautus.

Akivaizdu, kad geriausias įvertinimas yra būtinas. Jei šalys gali įvertinti vieną ar daugiau srautų pagal idealų balansą, jos turėtų tai padaryti.

34 lentelėje pateikta apžvalga ir skirtumai tarp esamo azoto balanso pagal OECD/Eurostat'o azoto balansų vadovą (2007 m.) ir idealaus azoto balanso bei praktinio įgyvendinimo. Idealus azoto balansas apima visus srautus iš ir į žemės ūkio paskirties dirvą ir įvertina bendrą azoto balansą, azoto dujų emisijas ir hidrosferinį azoto balansą. Praktinis įgyvendinimas grindžiamas diskusijomis su suinteresuotosiomis šalimis, valstybių narių delegatais.

Ūkininkai turi sudaryti savo maistinių medžiagų valdymo planus, siekdami užtikrinti, kad jie atitiktų Vokietijos tręšimo potvarkį (DüV, 2007), ir įvertinti taikomą tręšimo strategiją. M. Quirin ir kt. (2004) aptarė šių ūkių ir laukų balanso panaudojimą. Išsiaiškinus statistinių duomenų ir koeficientų šaltinius, pritaikius skaičiavimo metodą ir atlikus metodo patikslinimus pagal turimus duomenis, sąnaudos apskaičiuojant nacionalinius maistinių medžiagų balansus yra nedidelės.

34 lentelė. Dabartinis, idealus ir praktinis bendrojo azoto balansas (BNB)

Dabartinis azoto balansas	Idealus azoto balansas	Praktinis azoto balansas
Įnešimas		
N1) Mineralinės trąšos	N1) Mineralinės trąšos	N1) Mineralinės trąšos
N2) Mėšlo gamyba	N2) Mėšlo gamyba	N2) Mėšlo gamyba
N3) Grynasis mėšlo importas/eksportas, išėmimai, atsargos	N3) Grynasis mėšlo importas/eksportas, išėmimai, atsargos	N3) Grynasis mėšlo importas/eksportas, išėmimai, atsargos
N4) Kitos organinės trąšos	N4) Kitos organinės trąšos	N4) Kitos organinės trąšos
N5) Biologinis N fiksavimas	N5) Biologinis N fiksavimas	N5) Biologinis N fiksavimas
N6) Azoto su krituliais patekimas į dirvą	N6) Azoto su krituliais patekimas į dirvą	N6) Azoto su krituliais patekimas į dirvą
N7) Sėkla ir sodinamoji medžiaga	N7) Sėkla ir sodinamoji medžiaga	N7) Sėkla ir sodinamoji medžiaga
	N8) Pasėlių likučių įvedimas	
N9) Bendra įnešimas = suma (N1,N2,N3,N4,N5,N6,N7)	N9) Bendra įnešimas = suma (N1,N2,N3,N4,N5,N6,N7,N8)	N9) Bendra įnešimas = suma (N1,N2,N3,N4,N5,N6,N7)
Išnešimas		
N12) Derliaus produkcija	N12) Derliaus produkcija	N12) Derliaus produkcija
N13) Pašarų gamyba	N13) Pašarų gamyba	N13) Pašarų gamyba
N14) Pasėlių liekanų išnešimas	N14) Pasėlių liekanų išnešimas	N16) Liekanų išnešimas/sudeginimas
	N15) N atsargų pokyčiai dirvožemyje	
N17) Bendra produkcija = suma(N12, N13, N14)	N18) Bendra produkcija = suma(N12, N13, N14, N15)	N19) Bendra produkcija = suma(N12, N13, N16)
Balansas		
N20) BNP = N9 – N17	N21) BNP = N10 – N18	N24) BNP = N11 – N19
	N22) aGNS = N dujų emisija	N22) aGNS = N dujų emisija
	N23) hGNS = N21 – N22	N25) hGNS = N24 – N22

BNP- bendrojo azoto perteklius, aBNP- atmosferinis bendrojo azoto perteklius, hBNP- hidrosferinis bendrojo azoto perteklius

Tiek HELCOM ir ES maistinių medžiagų balanso skaičiavimai abu siekia vertinti ir reguliuoti maistinių medžiagų, pagrinde azoto ir fosforo, srautus žemės ūkyje, kad būtų sumažinta aplinkos tarša, eutrofikacijos rizika. Tačiau jie turi tam tikrų skirtumų dėl skaičiavimo metodikos, taikomų rodiklių ir įvertinimo masto.

HELCOM sistema yra skirta Baltijos jūros regionui, atsižvelgiant į vietinį klimato ir žemės naudojimo specifiškumą. HELCOM orientuojasi į vietinius parametrus, pavyzdžiui, atmosferinį azoto nusėdimą iš šio regiono industrijos bei žemės ūkio šaltinių. Europos Sąjunga naudoja bendresnę metodiką, taikomą skirtingoms klimato zonoms ir žemės ūkio praktikoms, o pagrindinis balanso metodas

grindžiamas OECD standartais. ES metodas yra suderintas su įvairioms šalims tinkamais rodikliais ir apima maistinių medžiagų balansą, vertinant tiek azotą, tiek fosforą.

Taip pat HELCOM labiau orientuotas į organinių trąšų (mėšlo) ir atmosferinio azoto įnešimo šaltinius, kurie Baltijos regione yra pagrindiniai taršos šaltiniai. HELCOM taip pat apima detalesnę su krituliais į dirvą patenkančio azoto ir dirvožemio būklės vertinimą. Kai tuo tarpu ES be trąšų, sėklų ir su krituliais į dirvą patenkančio azoto, skaičiavimuose atsižvelgiama į platesnę spektrą duomenų, įskaitant techninius veiksnius (pvz., mechanizaciją ir auginimo technologijas). ES metodika labiau struktūrizuota į visas regiono šalis, todėl įvesties duomenys būna labiau standartizuoti

Pagrindinis HELCOM tikslas – sumažinti maistinių medžiagų patekimą į Baltijos jūrą. Tai dalis HELCOM veiksmų plano, kurio tikslas – apsaugoti ir pagerinti Baltijos jūros regiono vandens kokybę, ekologinę būklę. Dėl šios priežasties HELCOM balansas yra labiau nukreiptas į regioninius sprendimus. Teigiamas balansas (azoto ar fosforo perteklius) reiškia didesnę riziką Baltijos jūros eutrofikacijai. O ES siekia bendros žemės ūkio taršos mažinimo ir klimato tikslų, nustatydamas maistinių medžiagų balansą kaip priemonę siekti tvaraus dirvožemio naudojimo ir mažinti poveikį aplinkai visoje Europoje. ES balansas yra susijęs su Bendrąja žemės ūkio politika ir ES žaliaisiais tikslais.

3. Dirvožemio maisto medžiagų balansas ir jo skaičiavimo gairės

3.1. Maisto medžiagų balansas

Efektyvus trąšų panaudojimas ir dirvožemio derlingumo išsaugojimas užtikrina ekonomiškai ir ekologiškai pagrįstą maisto gamybą ir tai yra vienas iš tvaraus žemės ūkio siekinių. Siekiant šio tikslo, mitybos elementų (maisto medžiagų) poreikis turi būti suderintas su augalų poreikiais. Makroelementų (azoto, fosforo ir kalio) ir antrinių (sieros, magnio, kalcio) elementų augalams reikia didesnių kiekių, o mikroelementų (vario, geležies, mangano, cinko ir kt.) reikia mažiau, tačiau jie yra vienodai svarbūs augalų augimui ir vystymuisi. Žemės ūkio gamyba, netinkamai taikant augalų auginimo technologijas, gali sąlygoti disbalansą tarp šių mitybos elementų ir sukelti problemas tiek žemės ūkyje, tiek problemas susijusias su aplinkosauga (Jodaugienė ir kt., 2017).

Problemos:

- perteklinis azoto kiekis didina nitratų koncentraciją geriamajame vandenyje, tai kenkia žmonių ir gyvulių sveikatai;
- azoto trąšos ir mėšlas didina šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekius;

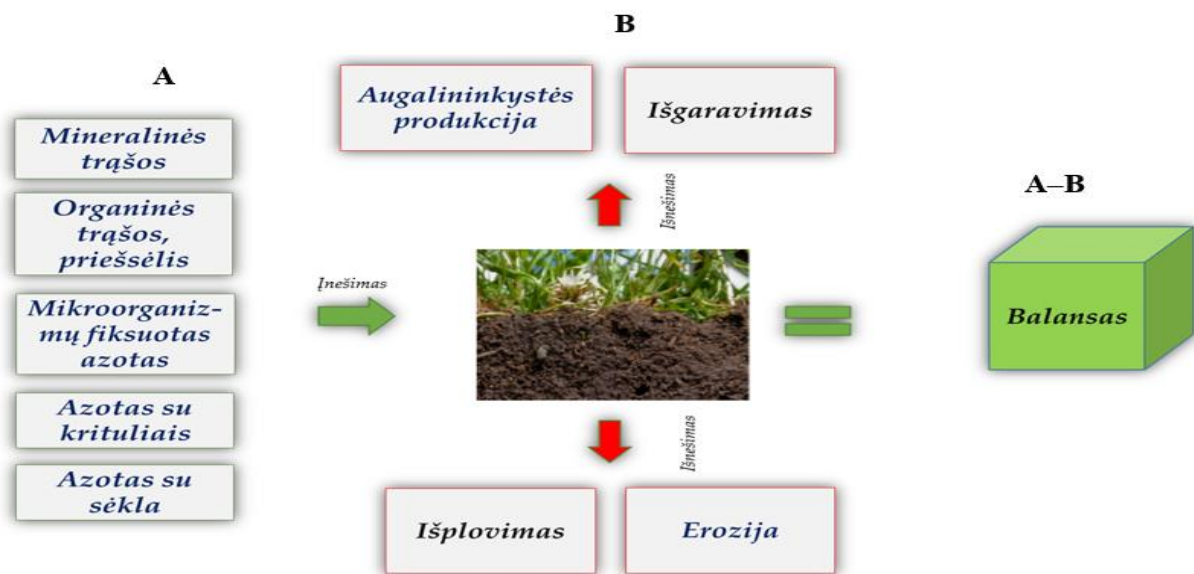
- fosforo junginių perteklius dirvožemyje skatina jų patekimą į gruntinius vandenis. Fosforas vandenyse pagreitina eutrofikacijos procesą, kuris kenkia upių, ežerų ir Baltijos jūros biologinei įvairovei ir geriamojo vandens kokybei;
- įterpiant nepakankamą organinių medžiagų ar mitybos elementų kiekį alinamas dirvožemis;
- nepakankamas augalų aprūpinimas mineralinės mitybos elementais – neužtikrina derlingumo ir produkcijos kokybės.

Siekiant patenkinti maisto paklausą, optimaliai naudoti išteklius ir riboti taršą, ypač taršą susijusią su azoto ir fosforo junginiais, svarbu išlaikyti pusiausvyrą tarp mineralinės mitybos elementų įterpiamų į dirvožemį ir elementų išnešamų iš dirvožemio bei tarp organinių medžiagų mineralizacijos ir akumuliacijos. Taip pat svarbu nustatyti sritis, kuriose nuolatinis perteklius ar trūkumas gali kelti pavojų gamtos ištekliams ir žmonių sveikatai.

Todėl tręšimo planų sudarymas numatant tinkamas trąšų formas ir jų panaudojimo laiką yra dar vienas kelias, siekiant subalansuoti mitybos elementų srautus.

Azoto ir fosforo balanso skaičiavimas yra prioritetinga aplinkosauginė kryptis, kuri reikalinga žemės ūkio ir aplinkos sąveikai analizuoti. Aplinkosauginiu požiūriu, mitybos elementų balansas leidžia, nesumažinant gamybos potencialo, naudojant tikslingą kiekį trąšų, gauti planuojamą derlingumą ir išsaugoti dirvožemio kokybę.

Maisto medžiagų balansas (MMB) – tai įnešamų ir išnešamų (su derliumi ir dėl natūralių netekčių) mitybos elementų, reikalingų kultūriniais augalams, skirtumas. MMB gali būti teigiamas, neigiamas ir nulinis (subalansuotas). Teigiamas, kai įnešamų mitybos elementų kiekis yra didesnis negu išnešamų ir jis žymimas ženklu „+“. Neigiamas, kai įnešamų mitybos elementų kiekis yra mažesnis negu išnešamų ir jis žymimas ženklu „-“. Nulinis – įnešamų mitybos elementų kiekis yra lygus išnešamų mitybos elementų kiekiui ir jis žymimas ženklu „0“. Įnešimo dalyje (A) skaičiuojami mitybos elementų kiekiai, kurie patenka į lauką su mineralinėmis ir organinėmis trąšomis (mėšlu, srutomis, tarpiniais augalais, kompostais ir kt.). Išnešimo (B) dalyje skaičiuojami mitybos elementų kiekiai, kurie palieka lauką su pagrindine ir šalutine produkcija, dėl azoto junginių išgaravimo, išplovimo, nuplovimo ir kt. Skirtumas A-B ir yra balansas (29 pav.). Maisto medžiagų balansas gali būti skaičiuojamas bet kuriam augalų mitybos elementui. Teritorinė riba – 1 hektaras, laukas ar jo dalis, ūkis, rajonas, šalis, laiko riba – metai.



29 pav. Azoto balanso schema (Jodaugienė ir kt., 2017)

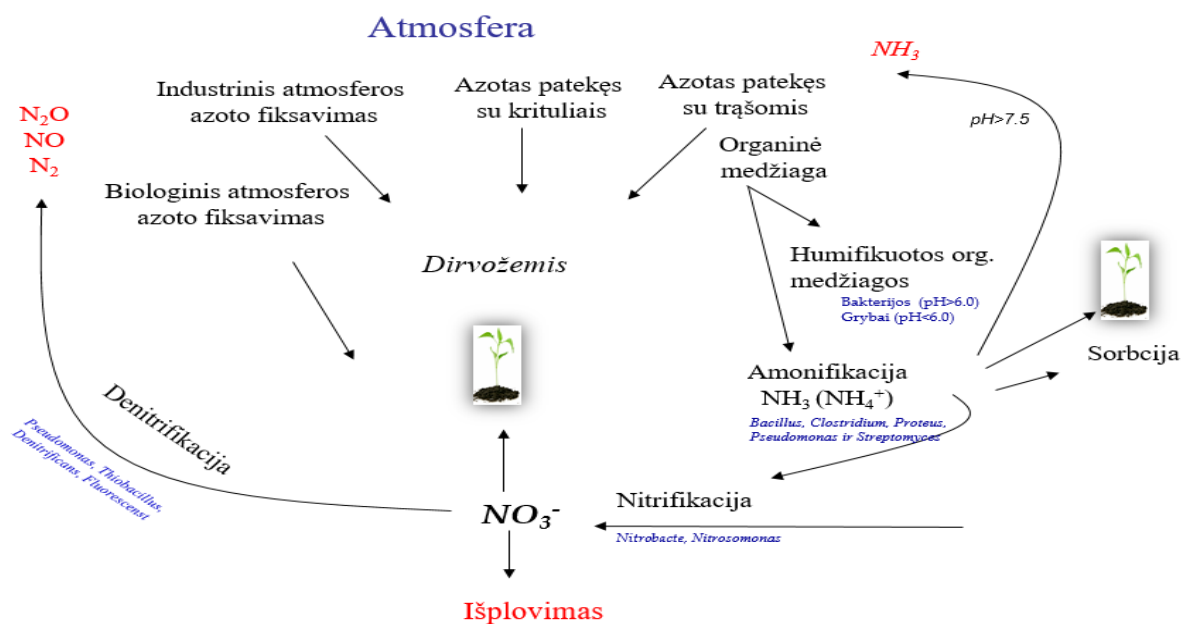
Žemdirbiams maisto medžiagų balansas yra priemonė, kuri leidžia, įvertinus naudojamą tręšimo technologiją, racionaliau ir taupiau naudoti organines ir mineralines trąšas. ES aplinkosaugos politikoje („Nitratų" direktyva 91/676/EEC, Tarybos reglamentas 1782/2003/EC) maisto medžiagų balansas yra priemonė sumažinti vandens ir atmosferos taršą. Siekiant šių tikslų, reikalinga skaičiuoti azoto balansą, rekomenduotina skaičiuoti fosforo balansą ir nėra nuostatų dėl kalio balanso skaičiavimo (Staugaitis, 2005).

Azotas. Azotas yra esminis augalų mitybos elementas. Jis svarbus nukleino rūgščių, amino rūgščių ir baltymų sintezei. Didžiausias azoto kiekis yra atmosferoje dujine forma (N_2), tai milijonus kartų daugiau nei gyvuose organizmuose. Antras pagal didį azoto šaltinis – dirvožemio ir vandenynų organinė medžiaga. Organinėje medžiagoje (humuse, augalinėse liekanose, gyvulių mėšle, tarpiniuose augaluose) yra ir daug kitų mitybos elementų, įskaitant azotą. Augalai juo gali pasinaudoti tik tada, kai vegetacijos laikotarpiu dirvožemio mikroorganizmai suskaido organinę medžiagą ir joje esantį azotą iš organinio paverčia mineraliniu: amonifikacijos (organinės medžiagos mineralizacija iki amoniako → amonio jono) ir nitrifikacijos (amoniako transformacija iki nitratų) procesų metu organinė medžiaga suskaidoma (mineralizuojamos) iki augalų pasisavinamo azoto, t. y. amoniakinio (NH_4^+) ir nitratinio (NO_3^-) azoto. Amoniakinis azotas gali būti pasisavinamas augalų, sorbuojamas dirvožemio sorbuojamojo komplekso (DSK), transformuojamas iki nitratų, o nitratinis – pasisavinamas augalų, lieka dirvožemio tirpale arba, esant drėgmės pertekliui, išplaunamas į gruntinius vandenis. Tyrimais nustatyta, kad esant pertekliniam drėgmės kiekiui, iki 26 proc. azoto gali būti išplauta į gruntinius vandenis (Tripolskaja, 2005). Kita dalis

nitratinio azoto denitrifikacijos proceso metu, esant žemai temperatūrai, rūgščiam ir užmirkusiam dirvožemiui, gali transformuotis į dujinį (N_2O , NO , N_2) azotą ir išgaruoti į atmosferą.

Atmosferos azotas augalų pasisavinamas tik po gumbelinių (*Rhizobium*), laisvai dirvožemyje gyvenančių bakterijų (*Clostridium*, *Azotobacter*) bei asociatyvių mikroorganizmų (*Azotospirillum*, *Bacillus*, *Pseudomonas* ir kt.) fiksavimo, industrinio fiksavimo ar patekus į dirvožemį iš atmosferos kartu su krituliais (rūgštūs lietūs) (30 pav.).

Vykdamas žemės ūkio veiklą natūralus azoto ciklas sutrinka, nes dalis organinių medžiagų ir azoto yra išnešama iš dirvožemio su derliumi ar šalutine produkcija. Dalies azoto netenkama ir dėl natūralių priežasčių. Todėl, nors azoto atsargos gamtoje yra didelės, tačiau, dažniausiai azotas yra augalų augimą ir vystymąsi limituojantis veiksnys.



30 pav. Azoto ciklas (Jodaugienė ir kt., 2017)

Natūraliai azoto kiekis dirvožemyje gali būti papildytas auginant pupinius (ankštinius) augalus, kurie fiksuoja atmosferos azotą (1 priedo 9 lentelė). Siekiant kompensuoti azoto nuostolius dėl minėtų priežasčių ir siekiant azoto pusiausvyros, dirvožemis azotu praturtinamas organinėmis ar mineralinėmis trąšomis, tačiau jų poreikis turi būti apskaičiuotas atsižvelgiant į augalų poreikius (2 priedo 1 lentelė).

Fosforas. Fosforo augaluose yra mažiau negu azoto, kalio ar kalcio, tačiau kaip limituojantis veiksnys jis svarbesnis negu kalcis ar net kalis. Fosforas yra mažai judrus elementas, jo judrumo dirvožemyje laipsnis priklauso nuo dirvožemio kilmės, fizikinių savybių, dirvožemio pH, fosforo frakcinės sudėties, drėgmės režimo, kalcio, magnio, geležies ir aliuminio kiekių dirvožemyje. Labai svarbu išlaikyti dirvožemyje optimalią fosforo koncentraciją, mažinti galimus nuostolius, išvengti

paviršinio vandens telkinių eutrofizacijos (Mažvila, Mašauskas, 2010). Tyrimų duomenimis, fosforingų dirvožemių regionuose dalis fosforo gali būti nuplaunama su paviršiniu vandeniu ir išplaunama drenažu (Lundenkvam, 1998; Šileika ir kt., 2000; Bučienė, 2003,). Kitų tyrėjų tyrimų duomenimis, fosforo koncentracija drenažo vandenyje netręstose ir fosforu tręstose ariamose dirvose bei ganyklose skiriasi nežymiai. E. K. Bunemann (2006) teigia, kad trąšų fosforas 24 metus lieka viršutiniame (0–25 cm) dirvožemio sluoksnyje. Didesnė fosfatų netekimo rizika yra tada, kai intensyviai ūkininkaujama. Specializuoti ūkiai, naudojantys mineralines ir organines trąšas, suardo natūralius fosforo ciklus: fosforo į dirvožemį patenka daugiau negu jo išnešama iš lauko su augaline produkcija (Sharpley ir kt., 2001). Su prasisunkiančiu vandeniu į podirvį fosforo išplaunama labai nedaug – vidutiniškai apie 1 kg ha⁻¹ per metus (Djordjic ir kt., 2004; Tripolskaja, 2004). Švedijoje fosforo išplovimas drenažu yra ne didesnis kaip 2 kg ha⁻¹ per metus, kai judriojo fosforo dirvožemyje yra ne daugiau kaip 150 mg kg⁻¹. Fosforo padidėjimas dirvožemyje proporcingai didina jo koncentraciją drenažo vandenyje. Lietuvoje atlikti tyrimai glėjiškame karbonatingame rudžemyje parodė, kad žemdirbystės intensyvinimas tik labai menkai didina drenažu išplautą fosforo kiekį, o iš esmės jis priklauso nuo dirvožemio granulimetrinės sudėties, jo fosforingumo ir humusingumo (Bučienė, 2003). Ilgamečiais tyrimais nustatyta, kad tręšiant didesnėmis nei augalams reikia fosforo trąšų normomis, dirvožemio fosforo kiekis priklausomai nuo jo rūgštumo lygio migruoja į 40–60 cm gylį (Končius, Bernotas, 2004; Tripolskaja, 2004; Vaišvila ir kt., 2024). Fosforo kiekis dirvožemyje gali būti papildytas įterpiant organines ar mineralines trąšas. Fosforo su krituliais į dirvožemį patenka labai mažai.

Kalis. Augalų mityboje dalyvauja mainų kalis. Dirvožemyje trąšų kalis sorbuojamas dirvožemio sorbuojamojo komplekso, todėl tik nedidelė trąšų kalio dalis migruoja į gilesnius sluoksnius. Lengvuose ir rūgščiuose dirvožemiuose ir esant labai drėgnam periodui, kalio migracija ir išplovimas padidėja (Askegaard ir kt., 2003). Didelio ar labai didelio kalingumo dirvožemiuose, didelės kalio trąšų normos ir vėlyvas kalio trąšų naudojimas rudenį intensyvina kalio išplovimą (Kayser ir kt., 2007). T. Adomaičio ir L. Tripolskajos duomenimis, priklausomai nuo metų, iš įvairių dirvožemių kalio išplaunama nuo 6,5–43,4 kg ha⁻¹ (1 priedo 8 lentelė).

Kalio migracijos intensyvumas priklauso ir nuo auginamų augalų. Didesne kalio migracija pasižymi pūdymai ir javų monokultūros. Danijoje nustatyta, kad kalio išplovimas nesuintensyvėja, kai kalio balansas kinta nuo -12 iki +30 kg ha⁻¹ per metus. Dėl kalio trąšų, kalio išplovimas sudaro vos 0,2 proc. nuo viso patekusio trąšų kiekio. Pagrindinė įterpto kalio dalis lieka viršutiniuose dirvožemio sluoksniuose. Tyrimų duomenys leidžia teigti, kad kalio išplovimas yra ne esamo kalio balanso, o

ankstesnio tręšimo rezultatas (Askegaard, Eriksen, 2000; Alvaro ir kt., 2004). Didžioji dalis Lietuvos dirvožemių turi mažai ar vidutiniškai kalio.

3.2. Maisto medžiagų balanso (MMB) skaičiavimo metodika

Sudėtingiausia yra įvertinti azoto balansą, nes jo galutinį rezultatą veikia daugelis dirvožemio ir meteorologinių veiksnių. Skaičiuojant azoto balansą galima tiksliai įvertinti įterpiamą azoto kiekį į dirvožemį su mineralinėmis ir organinėmis trąšomis (mėšlu, tarpiniais pasėliais ir kt.), priešsėlio paliekamą azoto kiekį ir azoto kiekį įterptą su sėkla. Azoto kiekio svyravimai dėl skirtingo kritulių kiekio ir skirtingos teritorinės taršos azoto junginiais, ženkliai nekeistų balanso, nes Lietuvoje su krituliais į hektaro plotą patenka apie 9 kg azoto ir tai nėra didelis azoto kiekis. Didžiausi azoto balanso netikslumai galimi dėl netinkamai (neturint konkretaus lauko duomenų) pasirinkto mikroorganizmų (bakterijų) fiksuoto atmosferos azoto kiekio pupinių (ankštinių) augalų auginimo metais ir paliekamo azoto kiekio kitų metų augalams bei azoto nuostolių dėl išplovimo ir išgaravimo.

Dirvožemyje atmosferos azotą kaupia gumbelinės (*Rhizobium*) bakterijos, asociatyvūs (*Azospirillum*) ir dirvožemyje laisvai gyvenantys (*Clostridium*, *Azotobacter* ir kt.) mikroorganizmai. Gumbelinės bakterijos gali sukaupti nuo 50 iki 300 kg ha⁻¹ azoto, kai kuriais atvejais iki 460 kg ha⁻¹. P. Pranaičio (2009), duomenimis, hektaras liucernų pasėlio, sėjant inokuliuotą sėklą gumbelinėmis bakterijomis, per metus fiksuoja iki 300 kg, dobilų ir lubinų – iki 200 kg, vienamečių pupinių (ankštinių) augalų (žirnių, pupų, pupelių ir kitų) – iki 120 kg azoto. Kiti duomenys pateikti 1 priedo 9 lentelėje. Pupinės (ankštinės) žolės palieka dirvoje apie 1/2, o ankštiniai javai – 1/3 viso sukaupto (fiksuoto) kiekio. Liucernų šaknyse azoto lieka apie 100–140 kg ha⁻¹, o vienamečių pupinių (ankštinių) – 40–50 kg ha⁻¹, tai azotas kitų metų augalams (Walley, 1996; Nemecek, 2010).

Nesimbiotiniai mikroorganizmai azoto gali sukaupti 26–86 kg ha⁻¹ (Pranaitis, 2009). Kokį biologinio (atmosferos) azoto kiekį sukaupia gumbelinės bakterijos konkrečiame lauke atskirais metais įvertinti gana sunku, nes tai priklauso nuo gumbelinių bakterijų virulentiškumo (bakterijų savybės prasiskverbti į augalo šaknį ir sudaryti gumbelius), konkurentiškumo (bakterijų savybės konkuruoti su kitais štamais), efektyvumo (bakterijų savybės fiksuoti atmosferos azotą).

Gamyboje tiksliai įvertinti bakterijų fiksuoto azoto kiekį nėra galimybių, nes tai brangus tyrimas, kurį reiktų atlikti pupinių (ankštinių) augalų pasėlyje kiekvienais auginimo metais. Tačiau skaičiuojant azoto balansą būtina įvertinti gumbelinių bakterijų sukaupto azoto kiekį, nes tai vienas iš pagrindinių azoto šaltinių ekologiniuose ūkiuose. Pasirinktas minimalus, vidutinis ar maksimalus gumbelinių bakterijų sukauptas azoto kiekis labai keičia galutinį rezultatą – azoto balansą.

Pvz., atlikę ūkio azoto balanso skaičiavimą žieminių kviečių, kurių priešsėlis pupiniai (ankštiniai) augalai, pasėlyje galime gauti labai skirtingus rezultatus ir tai priklauso nuo to, kokį pasirenkame azoto kiekį, kuris lieka po ankštinių augalų, pvz.: 40, 60 ar 80 kg ha⁻¹ ir kt.

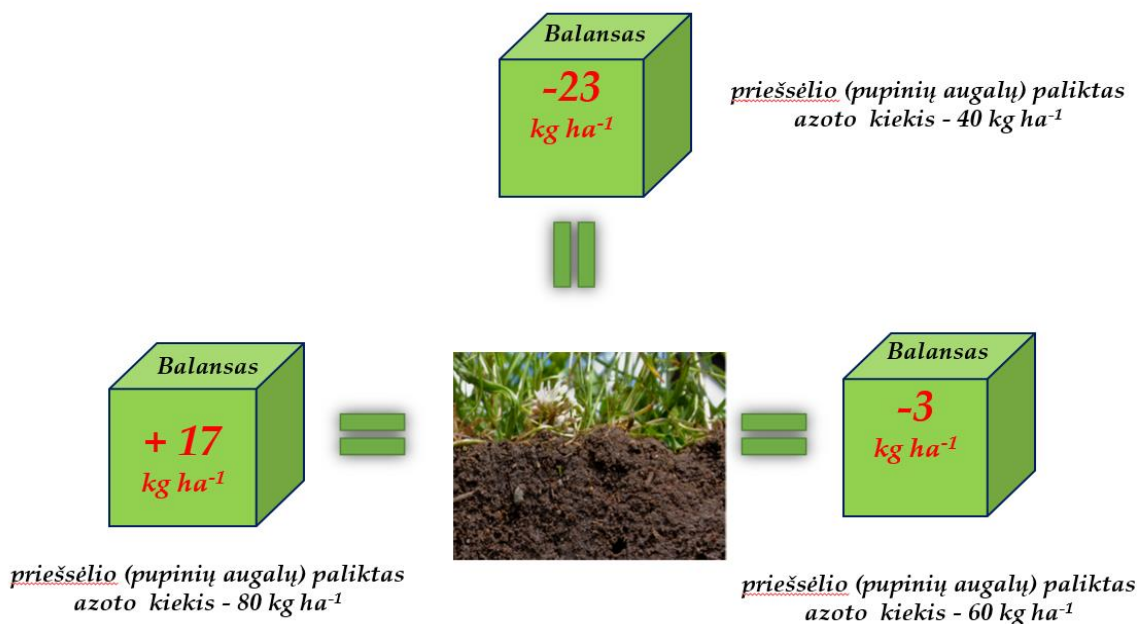
Situacija: ūkyje išauginti žieminiai kviečiai, kurių derlingumas – 4,0 t ha⁻¹, priešsėlis – pupiniai (ankštiniai) augalai.

Azoto įnešimas (A):

- azoto kiekis patekęs į dirvožemį su krituliais – 9 kg ha⁻¹;
- azoto kiekis patekęs į dirvožemį su sodinamąja medžiaga – 3 kg ha⁻¹;
- azoto kiekis dirvožemyje iš priešsėlio, t.y. pupinių augalų – 40; 60 arba 80 kg ha⁻¹ (tikslių duomenų neturime).

Azoto nuostoliai (B) įvertinti pagal tai, kiek azoto išnešama su derliumi, kokie patiriami azoto nuostoliai dėl išplovimo, išgaravimo ir erozijos.

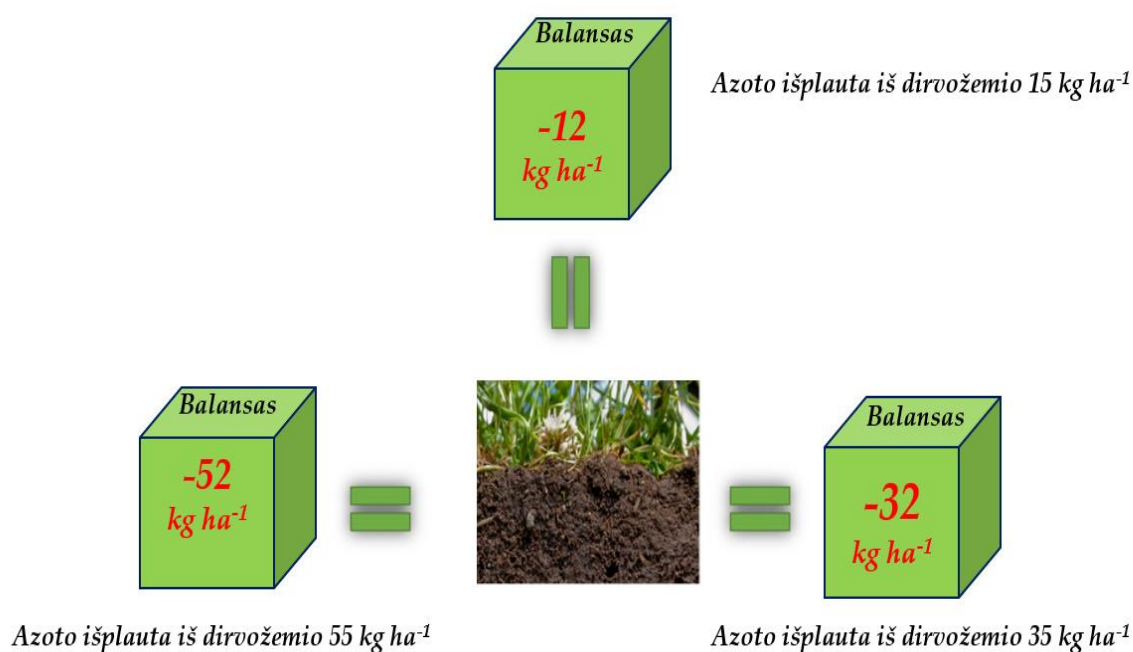
Tuo atveju, kai azoto kiekį iš priešsėlio (ankštinių augalų) vertiname 40 kg ha⁻¹, gaunamas neigiamas (-23 kg ha⁻¹) azoto balansas, tuo atveju, kai azoto kiekį iš priešsėlio vertiname 60 kg ha⁻¹ – balansas artimas nuliniam (-3 kg ha⁻¹), o kai azoto kiekis iš priešsėlio 80 kg ha⁻¹ – balansas teigiamas (+17 kg ha⁻¹) (31 pav.).



31 pav. Azoto balansas skirtingai pasirenkant priešsėlio (pupinių augalų) paliktą azoto kiekį dirvožemyje (Jodaugienė ir kt., 2017)

Azoto junginių išplovimą iš dirvožemio vertinti viena verte taip pat nėra tikslu, nes šio elemento išplovimas iš dirvožemio priklauso nuo žemės dirbimo, kalkinimo, tręšimo, augalų rūšies, dirvožemio savybių, prasisunkusio vandens kiekio, dirvožemio azotingumo ir kt. veiksnių. Tyrimais nustatyta, kad išplaunamo azoto kiekis, priklausomai nuo dirvožemio ir kt. veiksnių, svyruoja nuo 29,2 iki 87,7 (126) kg ha^{-1} (Adomaitis, Tripolskaja, 2010), todėl azoto balansas gali gana ženkliai pasikeisti pasirinkus skirtingas vertes nurodytame intervale.

Netiksliai įvertinus išplaunamo azoto kiekį galime turėti neigiamą azoto balansą, t. y. nuo minus 12 iki minus 52 kg ha^{-1} (32 pav.). Minus 12 kg ha^{-1} gaunama, kai išplaunamo azoto kiekis prilyginamas 15 kg ha^{-1} , minus 35 kg ha^{-1} , kai išplaunama 35 kg ha^{-1} , o minus 52 kg ha^{-1} , kai išplaunama 55 kg ha^{-1} .



32 pav. Azoto balansas dėl skirtingai vertinamo išplaunamo azoto kiekio iš dirvožemio (Jodaugienė ir kt., 2017)

Tačiau išplovimas gali būti dar didesnis, jei dirvožemis lengvos granuliometrinės sudėties, jei iškrenta labai daug kritulių. Jei išplaunamo azoto kiekis siektų 126 kg ha^{-1} .

Dar vienas rodiklis veikiantis azoto balansą – azoto nuostoliai dėl išgaravimo. Šiuo atveju, ekologiniuose ūkiuose azoto išgaravimas galimas dėl denitrifikacijos proceso ir nesilaikant mėšlo naudojimo technologijų. Tyrimais nustatyta, kad mėšlą įterpiant per 6 val. nuo paskleidimo, azoto išgaruoja apie 9 kg ha^{-1} , o įterpiant per 48 val. – 30 kg ha^{-1} . Azoto išgaravimo nustatymo netikslumai balansą gali keisti nuo minus 7 (išgaravimas 0 kg ha^{-1}) iki minus 37 kg ha^{-1} (išgaravimas 30 kg ha^{-1}).

Azoto nuostoliai dėl denitrifikacijos gali kisti 10–30 kg ha⁻¹ ribose nuo bendro įnešto azoto kiekio su trąšomis, dėl dirvožemio erozijos 5–25 kg ha⁻¹ ribose.

Azoto balansas apskaičiuotas pagal vidutinius Lietuvos ar konkretaus rajono rodiklius neatsako į pagrindinį klausimą: ar lauko balansas konkrečiame ūkyje yra teigiamas ar neigiamas ir koks jo nuokrypis nuo nulinio balanso. Įvertinus visus azoto balanso skaičiavimo ypatumus, atsiranda abejonių, ar įvertintas maisto medžiagų balansas ekologinių ūkių pasėlių plotams atsakys į pagrindinį klausimą, kurio pagrindu bus mažiau alinamas dirvožemis ar teršiama gamta?

Pateiktas maisto medžiagų balansas gana sudėtingas praktiniam naudojimui, todėl rekomenduotina ūkiuose naudoti supaprastintą variantą, kuriame azoto nuostoliai dėl denitrifikacijos, išplovimo ir erozijos gali būti dengiami azotu, kuris į dirvožemį patenka su krituliais ir dėka laisvai dirvožemyje gyvenančių ir asociatyvių mikroorganizmų fiksuoto azoto. Išplaunamas fosforo kiekis iš dirvožemio prilyginamas fosforo kiekiui, kuris į dirvožemį patenka su krituliais.

3.3. Maisto medžiagų balanso skaičiavimo gairės

Detalus maisto medžiagų balansas gana sudėtingas praktiniam naudojimui, todėl rekomenduotina ūkiuose naudoti supaprastintą variantą, kuriame azoto nuostoliai dėl denitrifikacijos, išplovimo ir erozijos gali būti dengiami azotu, kuris į dirvožemį patenka su krituliais ir dėka laisvai dirvožemyje gyvenančių ir asociatyvių mikroorganizmų fiksuoto azoto (33 pav.). Išplaunamas fosforo kiekis iš dirvožemio prilyginamas fosforo kiekiui, kuris į dirvožemį patenka su krituliais.



33 pav. Maisto medžiagų balanso supaprastinimas prilyginant nuostolius atitinkamų medžiagų įnešam kiekiui

SUPAPRASTINTAS MAISTO MEDŽIAGŲ SKAIČIAVIMO BALANSAS (SMMB)

SUPAPRASTINTAS AZOTO BALANSAS

I dirvožemį įnešamo (A_N) azoto kiekio skaičiavimas:

$$A_N = A_{1N} * z_1 / 100 + A_{2N} * z_2 * W_{N2} + A_{3N} * W_{N3} + A_{4N} * W_{N4} + A_{6N} * z_3 + A_{7N} * W_{N7}$$

kur: A_N – įnešamas azoto (N) kiekis į dirvožemį kg ha^{-1} ; A_{1N} – azoto (N) procentas mineralinėse trąšose; z_1 – įterpta mineralinių trąšų kg ha^{-1} ; A_{2N} – azoto (N) kiekis organinėse trąšose kg t^{-1} ; z_2 – įterpta organinių trąšų t ha^{-1} ; W_{N2} – azoto (N) įsisavinimo koeficientas iš organinių trąšų priklausomai nuo įterpimo metų; A_{3N} – azoto (N) kiekis iš priešsėlio kg ha^{-1} ; W_{N3} – azoto (N) įsisavinimo koeficientas iš priešsėlio palikto azoto; A_{4N} – azoto (N) kiekis iš tarpinių augalų kg ha^{-1} ; W_{N4} – azoto (N) įsisavinimo koeficientas iš tarpinių augalų palikto azoto (N); A_{6N} – azoto (N) kiekis sėklose/sodinamojoje medžiagoje pagal augalų rūšis kg t^{-1} ; z_3 – išsėta sėklos / pasodinta sėklinės medžiagos t ha^{-1} ; A_{7N} – gumbelinių bakterijų fiksuotas, ankštinių augalų panaudotas azoto kiekis kg ha^{-1} (skaičiuojama tik ankštinių augalų pasėlyje), W_{N7} – azoto (N) įsisavinimo koeficientas

Iš dirvožemio išnešamo (B_N) azoto kiekio skaičiavimas:

$$B_N = B_{1N} * y_{1N} + B_{2N} * y_{2N}$$

kur: B_N – išnešamas azoto (N) kiekis iš dirvožemio kg ha^{-1} ; B_{1N} – pagrindinės produkcijos kiekis t ha^{-1} ; y_{1N} – azoto (N) kiekis pagrindinėje produkcijoje kg t^{-1} ; B_{2N} – šalutinės produkcijos kiekis t ha^{-1} ; y_{2N} – azoto (N) kiekis šalutinėje produkcijoje kg t^{-1} . Pastaba: jei šalutinė produkcija neišvežama iš lauko, o susmulkinama ir paliekama, tai azoto kiekis, esantis šalutinėje produkcijoje, prisumuojamas prie maisto medžiagų įnešimo.

SUPAPRASTINTAS FOSFORO BALANSAS

I dirvožemį įnešamo (A_P) fosforo (P_2O_5) kiekio skaičiavimas:

$$A_P = A_{1P} * z_1 / 100 + A_{2P} * z_2 * W_{P2} + A_{3P} * W_{P3} + A_{4P} * W_{P4} + A_{6P} * z_3$$

kur: A_P – įnešamas fosforo (P_2O_5) kiekis į dirvožemį kg ha^{-1} ; A_{1P} – fosforo (P_2O_5) procentas mineralinėse trąšose; z_1 – išberta mineralinių trąšų kg ha^{-1} ; A_{2P} – fosforo (P_2O_5) kiekis organinėse trąšose kg t^{-1} ; z_2 – įterpta organinių trąšų kg ha^{-1} ; W_{P2} – fosforo (P_2O_5) įsisavinimo koeficientas iš organinių trąšų priklausomai nuo įterpimo metų; A_{3P} – fosforo (P_2O_5) kiekis iš priešsėlio kg ha^{-1} ; W_{P3} – fosforo (P_2O_5) įsisavinimo koeficientas iš priešsėlio palikto fosforo; A_{4P} – fosforo (P_2O_5) kiekis iš tarpinių augalų kg ha^{-1} ; W_{P4} – fosforo (P_2O_5) įsisavinimo koeficientas iš tarpinių augalų palikto fosforo; A_{6P} – fosforo (P_2O_5) kiekis sėklose/sodinamojoje medžiagoje pagal augalų rūšis kg t^{-1} ; z_3 – išsėta sėklos / pasodinta sėklinės medžiagos t ha^{-1} .

Iš dirvožemio išnešamo (B_P) fosforo (P_2O_5) kiekio skaičiavimas:

$$B_P = B_{1P} * y_{1P} + B_{2P} * y_{2P} + B_{4P}$$

kur: B_P – išnešamas fosforo (P_2O_5) kiekis iš dirvožemio kg ha^{-1} ; B_{1P} – pagrindinės produkcijos kiekis t ha^{-1} ; y_{1P} – fosforo (P_2O_5) kiekis pagrindinėje produkcijoje kg t^{-1} ; B_{2P} – šalutinės produkcijos kiekis t ha^{-1} ; y_{2P} – fosforo (P_2O_5) kiekis šalutinėje produkcijoje kg t^{-1} ; B_{4P} – fosforo (P_2O_5) nuplovimas erozijos metu (skaičiuojama kalvoto reljefo laukams) kg ha^{-1} . Pastaba: jei šalutinė produkcija neišvežama iš lauko, o susmulkinama ir paliekama, tai fosforo kiekis, esantis šalutinėje produkcijoje, prisumuojamas prie maisto medžiagų įnešimo.

SUPAPRASTINTAS KALIO BALANSAS

I dirvožemį įnešamo (A_K) kalio (K_2O) kiekio skaičiavimas:

$$A_K = A_{1K} * z_1 / 100 + A_{2K} * z_2 * W_{K2} + A_{3K} * W_{K3} + A_{4K} * W_{K4} + A_{6K} * z_3$$

kur: A_K – įnešamas kalio (K_2O) kiekis į dirvožemį $kg\ ha^{-1}$; $A1K$ – kalio (K_2O) procentas mineralinėse trąšose; $z1$ – išberta mineralinių trąšų $kg\ ha^{-1}$; $A2K$ – kalio (K_2O) kiekis organinėse trąšose $kg\ t^{-1}$; $z2$ – įterpta organinių trąšų $kg\ ha^{-1}$; w_{K2} – kalio (K_2O) įsisavinimo koeficientas iš organinių trąšų priklausomai nuo įterpimo metų; $A3K$ – kalio (K_2O) kiekis iš priešsėlio $kg\ ha^{-1}$; w_{K3} – kalio (K_2O) įsisavinimo koeficientas iš priešsėlio palikto kalio; $A4K$ – kalio (K_2O) kiekis iš tarpinių augalų $kg\ ha^{-1}$; w_{K4} – kalio (K_2O) įsisavinimo koeficientas iš tarpinių augalų palikto kalio; $A6K$ – kalio (K_2O) kiekis sėklose/sodinamojoje medžiagoje pagal augalų rūšis $kg\ t^{-1}$; $z3$ – išsėta sėklos / pasodinta sėklinės medžiagos $t\ ha^{-1}$.

Iš dirvožemio išnešamo (B_K) kalio (K_2O) kiekio skaičiavimas:

$$B_K = B1_K \cdot y1_P + B2_K \cdot y2_P + B3_K + B4_K$$

kur: B_K – išnešamas kalio (K_2O) kiekis iš dirvožemio $kg\ ha^{-1}$; $B1_K$ – pagrindinės produkcijos kiekis $t\ ha^{-1}$; $y1_P$ – kalio (K_2O) kiekis pagrindinėje produkcijoje $kg\ t^{-1}$; $B2_K$ – šalutinės produkcijos kiekis $t\ ha^{-1}$; $y2_K$ – kalio (K_2O) kiekis šalutinėje produkcijoje $kg\ t^{-1}$; $B3_K$ – vidutinis išplaunamas kalio (K_2O) kiekis $kg\ ha^{-1}$; $B4_K$ – kalio (K_2O) nuplovimas erozijos metu (skaičiuojama kalvoto reljefo laukams) $kg\ ha^{-1}$. Pastaba: jei šalutinė produkcija neišvežama iš lauko, o susmulkinama ir paliekama, tai kalio kiekis, esantis šalutinėje produkcijoje, primumuojamas prie maisto medžiagų įnešimo.

Mineralinės mitybos elementų kiekiai mineralinėse ir organinėse trąšose. Augalų pasisavinamų azoto, fosforo ir kalio kiekiai mineralinėse trąšose nurodomi trąšų saugos duomenų lape arba ant pakuočių procentais.

Organinėse trąšose (įvairių rūšių mėšle) vidutiniai mitybos elementų kiekiai nurodyti 1 priedo 1 lentelėje, o tikslūs organinių trąšų cheminės sudėties duomenys nustatomi trąšų ėminių išanalizavus laboratorijoje.

Organinių trąšų kiekis vienam hektarui vertinamas pagal faktą (mėšlo kratytuvų ar skleistuvų skaičių). Kai skaičiuojamas viso ūkio balansas, įnešamas organinių trąšų kiekis gali būti vertinamas pagal mėšlidės tūrio užpildymą .

Mitybos elementų įsavinimo koeficientai. Mitybos elementų įsavinimo koeficientas iš organinių trąšų priklauso nuo dirvožemio granulimetrinės sudėties ir mėšlo veikimo metų (1 priedas 2 lentelė). Skirtingų augalų mineralinės mitybos elementų pasisavinimo koeficientai iš žaliosios trąšos (tarpinių augalų) ir priešsėlio koeficientai pateikti 1 priedo 6 lentelėje.

Vidutinis maisto medžiagų kiekis, iškrentantis su krituliais. Lietuvoje su krituliais į hektarą ploto vidutiniškai iškrenta 9 kg N, 0,56 kg P_2O_5 ir 1 kg K_2O . Supaprastintame maisto medžiagų balanse su krituliais iškritęs ir laisvai dirvožemyje gyvenančių ir asociatyvių mikroorganizmų fiksuotas azotas gali būti dengiamas azoto nuostoliais dėl denitrifikacijos, išplovimo bei erozijos ir balanse neskaičiuojamas.

Maisto medžiagų kiekis sėklose/sodinamojoje medžiagoje. Vidutiniai azoto (N), fosforo (P_2O_5) bei kalio (K_2O) kiekiai sėklose/sodinamojoje medžiagoje gali būti imami tokie patys, kaip ir įvairių

užaugintų augalų rūšių produkcijoje, kuri naudojama ir kaip sėklinė medžiaga (1 priedo 7 lentelė). Įnešamų maisto medžiagų kiekiai priklauso nuo sėklos ar sodinamosios medžiagos cheminės sudėties.

Jei apskaičiuotas su sėkla/sodinamąja medžiaga į dirvą patenkantis maisto medžiagos kiekis nesiekia 2 kg ha^{-1} , į balanso skaičiavimus jis neįtraukiamas.

Mitybos elementų kiekiai pagrindinėje ir šalutinėje produkcijoje. Vidutiniai mitybos elementų kiekiai žemės ūkio augalų pagrindinėje ir šalutinėje produkcijoje pateikti 1 priedo 7 lentelėje. Tos pačios rūšies augalų cheminė sudėtis gali skirtis dėl veislės savybių, dirvožemio granulimetrinės sudėties, meteorologinių sąlygų, tręšimo lygio, taikomo žemės dirbimo ir kitų priežasčių. Todėl norint tiksliai apskaičiuoti išnešamų maisto medžiagų (NPK) kiekius su užauginta produkcija, reikėtų atlikti chemines analizes. Apytiksliam skaičiavimui galima pasinaudoti vidutiniais maisto medžiagų kiekiais (pagrindinėje ir šalutinėje produkcijoje). Dažnu atveju, jei šalutinė produkcija nėra išvežama – ji nėra sveriama, tačiau jos kiekis turi įtakos maisto medžiagų balansui. Šalutinės produkcijos kiekį galima apskaičiuoti, naudojant derlingumo koeficientus, pvz.: žinoma, kad žieminių kviečių derlingumas siekė $3,20 \text{ t ha}^{-1}$, vadinasi šiaudų derlingumas galėjo siekti $3,84\text{--}4,48 \text{ t ha}^{-1}$, nes šiaudų derlingumo koeficientas yra $1,2\text{--}1,4$, lyginant su gaunamu žieminių kviečių derliumi.

Pasitaiko ir tokių atvejų, kai iš to paties augalo per sezoną gaunama skirtinga produkcija, pvz. dalis pirmos pjūties daugiamečių žolių masės panaudojama šienainio gamybai, kita dalis – kaip žaliosis pašaras, o atolas – šieno ar siloso gamybai. Tokiu atveju, žinant žaliosios masės (ar kitos produkcijos) derlių, galima apskaičiuoti siloso, šienainio ar šieno kiekį bei su jais išnešamą maisto medžiagų kiekį.

Išplaunamas mitybos elementų kiekis. Planuojami maisto medžiagų išplovimo iš dirvožemio mastai priklauso nuo dirvožemio granulimetrinės sudėties, meteorologinių sąlygų, maisto medžiagų kiekio dirvožemyje bei tręšimo. MMB skaičiavimams išplaunami kiekiai diferencijuoti pagal dirvožemio grupes. Maisto medžiagų išplovimo duomenys pateikti 1 priedo 8 lentelėje.

Vidutiniai azoto nuostoliai dėl denitrifikacijos. Lietuvoje maisto medžiagų denitrifikacijos nuostoliai neskaičiuojami, nes nėra metodikos. Galimi azoto nuostoliai skirtingos granulimetrinės sudėties dirvožemiuose dėl denitrifikacijos $6\text{--}30 \text{ proc.}$ nuo įterpto azoto kiekio į dirvožemį.

Maisto medžiagų nuplovimas erozijos metu. Vertinant maisto medžiagų balansą kalvotame reljefe esančiuose laukuose, gali būti papildomai įtraukiami maisto medžiagų nuostoliai dėl erozijos. Nuplaunami maisto medžiagų kiekiai labai priklauso nuo kalvų statumo bei nuo auginamų augalų ir jų vegetacijos trukmės. Nuostolių dydis tiesiog proporcingas nutekėjusio vandens ir nuneštojo dirvožemio turtinumui maisto medžiagomis. Dūkšto bandymų stoties duomenimis, kalvoto reljefo laukuose vandens erozijos poveikyje per metus iš 1 ha vidutiniškai netenkama $4,6 \text{ t}$ dirvožemio. Su paviršiniu

nuotėkiu kasmet iš hektaro prarandama apie 2,8 kg (0,8–6,4) azoto (N), 3,5 kg (0,9–8,0) fosforo (P₂O₅), 10,8 kg (2,9–24,4) kalio (K₂O). Tai turi būti individualus skaičiavimas kiekvienam šlaitui.

Lygaus, nekalvoto reljefo laukams maisto medžiagų balanse nuplovimo nuostoliai neskaičiuojami (pagal 2005 m. taikomojo tyrimo “Maisto medžiagų balanso skaičiavimo metodikos žemės ūkio augalams” baigiamąją ataskaitą).

Gumbelinių bakterijų, laisvųjų bakterijų ir asociatyvių mikroorganizmų fiksuotas azoto kiekis. Gumbelinės bakterijos skirtinguose pasėliuose fiksuoja skirtingą azoto kiekį. Preliminarūs duomenys pateikti 1 priedo 9 lentelėje.

Laisvieji azotą fiksuojantys mikroorganizmai fiksuoja vidutiniškai 12–20 kg ha⁻¹ azoto per metus. Asociatyvūs mikroorganizmai fiksuoja iki 80 kg ha⁻¹ azoto per metus. Varpiniai javai ir varpinės daugiametės žolės asociacijose su asociatyviais mikroorganizmais gali fiksuoti 10–35 kg ha⁻¹ azoto iš atmosferos.

3.4. Maisto medžiagų balanso skaičiavimų rezultatų vertinimas

Gauti maisto medžiagų balanso duomenys įvertinami pagal vertinimo skales, pateiktas žemiau esančiose 35–37 lentelėse.

35 lentelė. Azoto (N) balanso rezultatų vertinimas

Vertinimas	N kiekis kg ha ⁻¹	Išvada
Didelis trūkumas	> -60	azoto labai trūksta – iš esmės keisti tręšimo planus
Trūkumas	-60... -40	augalams trūksta azoto – koreguoti tręšimo planus
Nedidelis trūkumas	-40 ... -20	atkreiptinas dėmesys, jog azoto nepakanka
Optimalu	-20 ... +20	tręšimas optimalus
Nedidelis perteklius	+20... +40	atkreiptinas dėmesys, jog azoto šiek tiek per daug
Perteklius	+40... +60	augalams per daug azoto – koreguoti tręšimo planus
Didelis perteklius	> +60	azoto gerokai per daug – iš esmės keisti tręšimo planus

36 lentelė. Fosforo (P₂O₅) balanso rezultatų vertinimas

Vertinimas	P ₂ O ₅ kiekis kg ha ⁻¹	Išvada
Didelis trūkumas	>-24	fosforo labai trūksta – iš esmės keisti tręšimo planus
Trūkumas	-24... -16	augalams trūksta fosforo – koreguoti tręšimo planus
Nedidelis trūkumas	-16... -8	atkreiptinas dėmesys, jog fosforo nepakanka
Optimalu	-8 ... +8	tręšimas optimalus
Nedidelis perteklius	+8 ...+16	atkreiptinas dėmesys, jog fosforo šiek tiek per daug
Perteklius	+16... +24	augalams per daug fosforo – koreguoti tręšimo planus
Didelis perteklius	>+24	fosforo gerokai per daug – iš esmės keisti tręšimo planus

37 lentelė. Kalio (K₂O) balanso rezultatų vertinimas

Vertinimas	K ₂ O kiekis g ha ⁻¹	Išvada
Didelis trūkumas	>-60	kalio labai trūksta – iš esmės keisti tręšimo planus
Trūkumas	-60... -40	augalams trūksta kalio – koreguoti tręšimo planus
Nedidelis trūkumas	-40... -20	atkreiptinas dėmesys, jog kalio nepakanka
Optimalu	-20 .. +20	tręšimas optimalus
Nedidelis perteklius	+20...+40	atkreiptinas dėmesys, jog kalio šiek tiek per daug
Perteklius	+40.. +60	augalams per daug kalio – koreguoti tręšimo planus
Didelis perteklius	>+60	kalio gerokai per daug – iš esmės keisti tręšimo planus

Optimalus maisto medžiagų balansas yra tuo atveju, kai apskaičiuoti azoto ir kalio kiekiai svyruoja nuo -20 iki +20 kg, o fosforo nuo -8 iki +8 kg vienam hektarui. Kai šie skaičiai gaunami du kartus didesni, tai gali būti arba trūkumas (jei su minusu) arba perteklius (jei su plusu), todėl reikia atkreipti dėmesį, kad maisto medžiagų nepakanka arba yra per daug. Esant didesniems nuokrypiams reikia koreguoti arba iš esmės keisti tręšimo planus, kad užtikrinti gerą (geriausiai optimalų) maisto medžiagų (NPK) balansą.

IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS

Atlikus galimybių studiją „**Dirvožemyje esančių maisto medžiagų balanso skaičiavimo gairių parengimas**“, galima teikti šias išvadas ir rekomendacijas:

1. Atlikus mokslinių tyrimų palyginamąją analizę, nustatyta, kad Lietuvoje mokslininkų atliktų maisto medžiagų balanso skaičiavimai atitinka HELCOM ir ES rekomendacijas, tik šiuo metu nėra praktiškai taikomi dėl skaičiavimams naudojamų verčių neapibrėžtumo.
2. Dirvožemių granulimetrinė sudėtis ir agrocheminės savybės yra labai skirtingos ne tik tarp atskirų rajonų, bet ir tarp atskirų ūkių tuose pačiuose rajonuose ir net tarp to paties ūkio laukų. Skaičiuojant augalų mitybos elementų (maisto medžiagų) balansą (MMB) ūkyje būtina turėti konkretaus ūkio, geriausiai konkretaus lauko dirvožemio agrocheminę charakteristiką.
3. NPK balanso skaičiavimui nėra pakankamai duomenų apie gumbelinių ir laisvai dirvožemyje gyvenančių bakterijų bei asociatyvių mikroorganizmų fiksuoto azoto kiekius skirtingos granulimetrinės sudėties dirvožemiuose ir esant skirtingoms meteorologinėms sąlygoms išplaunamus ir nuplaunamus NPK kiekius, azoto nuostolius dėl išgaravimo ir kt. Maisto medžiagų balansas konkrečiame ūkyje pagal minėtų rodiklių vidutinius duomenis nėra tikslus ir abejotina ar jis suteiks informaciją, kurios pagrindu bus mažiau alinamas dirvožemis ar teršiama aplinka.
4. Siekiant pagerinti ar išlaikyti esamos būklės dirvožemius ir sumažinti aplinkos taršą, būtina vykdyti dirvožemių agrocheminių savybių kitimo stebėseną, sudaryti augalų tręšimo planus, subalansuoti maisto medžiagų srautus, dirvožemius praturtinti organinėmis medžiagomis, skatinti gyvulininkystės plėtrą.
5. Kiekvienas ūkis turėtų augalus tręšti pagal tręšimo planus, plėsti skaitmenines technologijas žemės ūkyje, investuoti į dirvožemio tyrimus ir tiksliojo tręšimo įrangą. Tokiu atveju kur kas geriau būtų valdomi maisto medžiagų srautai tiek ūkio, tiek regiono, tiek Baltijos jūros užterštumo požiūriu.
6. Reikalingas nuolatinis ūkininkų švietimas, įgyvendinant maisto medžiagų skaičiavimo rekomendacijas ir paramos teikimas, plėtojant tikslų ūkininkavimą, siekiant užtikrinti tvarumą, gerinti dirvožemio sveikatą ir apsaugoti vandens kokybę Baltijos jūros regione.

Naudota literatūra

1. „Dėl Jungtinių Tautų bendrosios klimato kaitos konvencijos įgyvendinimo iki 2012 metų nacionalinės strategijos patvirtinimo“. 2008 m. sausio 23 d. nutarimas Nr. 94. Lietuvos Respublikos Vyriausybė. <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.0E7DC54F0366>
2. 2030 m. Europos Sąjungos dirvožemio strategija. Briuselis, 202111-17, COM (2021)699 final. https://environment.ec.europa.eu/topics/soil-and-land/soil-strategy_lt
3. 2030 m. ES biologinės įvairovės strategija, COM(2020) 380. <https://eur-lex.europa.eu/LT/legal-content/summary/eu-biodiversity-strategy-for-2030.html>
4. 7-oji ES aplinkosaugos veiksmų programa, Sprendimas Nr. 1386/2013/ES. <https://eur-lex.europa.eu/LT/legal-content/summary/living-well-within-the-limits-of-our-planet-the-7th-eap-2014-20.html>
5. Adomaitis A., Tripolskaja L. 2010. Antropogeninis poveikis cheminių elementų išplovimui dirvožemyje. Agroekosistemų komponentų valdymas. Ilgalaikių agrocheminių tyrimų rezultatai. *Monografija*. Akademija, 308-348 p.
6. Adomaitis T., Mažvila J., Vaišvila Z., Arbačiauskas J., Antanaitis A., Lubytė J., Šumskis D. 2010. Ilgalaikio tręšimo įtaka anijonų išplovimui. *Žemdirbystė-Agriculture*. Vol. 97, P. 71-82.
7. Agnieszka R. Mariusz F. 2011. Mineral Nitrogen as a Universal Soil Test to Predict Plant N Requirements and Ground Water Pollution – Case Study for Poland. *Soil Science*, 333350 p.
8. Alvaro M. A., Jarvis S. C., Gregory P. J. Factors affecting potassium leaching in different soils. *Soil Use and Management*, 2004, 20, P. 182–189.
9. Ambrazaitienė D. 2002. Simbiotinio azoto fiksavimo skirtinguose dirvožemiuose galimybių tyrimas. *Žemės ūkio mokslai*. Nr. 1, P.10-19.
10. Amtmann A., Troufflard S., Armengaud P. 2008. The effect of potassium nutrition on pests and disease resistance in plants. *Physiologia Plantarum*, 133 (4): 682–691. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2008.01075.x>
11. Aplinkos apsaugos agentūra, 2015. Žmogaus poveikis drėgnajam vandens kokybei ir drėgnajam vandens sąveika su paviršiniu ir požeminiu vandeniu. Galutinė ataskaita.
12. Arbačiauskas J., Staugaitis G., Vaišvila Z., Mažvila J., Adomaitis T., Šumskis D. 2014. The interdependence of mineral nitrogen content in different soil layers of Lithuanian agricultural lands. *Zemdirbyste-Agriculture*, 101 (2): 133–138.
13. Arlauskienė A., Šarūnaitė L., Gecaitė V., Repšienė R., Šiaudinis G., Deveikytė I., Seibutis V., Brazienė Z. Tarpinių pasėlių auginimo technologijų rekomendacija. 2024.
14. Askegaard M., Eriksen J. Potassium retention and leaching in a organic crop rotation on loamy sand as affected by contrasting potassium budgets. *Soil Use and Management*, 2000. 16, P. 200–205.
15. Askegaard M., Eriksen J., Olesen J. E. Exchangeable potassium and potassium balances in organic crop rotations on a coarse sand. *Soil Use and Management*. 2003, 19(2): 96–103.
16. Baber S. A. 1991. Soil chemistry and the availability of plant nutrients. *Chemistry in the Soil Environment*. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin., p. 382–409.
17. Bach M., Frede H-G. 2005. Methodische Aspekte und Aussagemöglichkeiten von Stickstoff-Bilanzen. Bonn: FNL, 55 p, Schriftenreihe des ILU 9.
18. Bach M., Grimm M., Frede H-G. 2003. Berechnung von Stickstoff-Flächenbilanzen für Gemeinden – Beispiel Hessen. *Wasser und Boden* 55(7/8):120- 126.

19. Bagys G. 2008. Soil water regime and nitrate leaching dynamics applying no-tillage. Disertacija. Kaunas: Lietuvos žemės ūkio universiteto leidykla.
20. Balik J., Černý I., Kulhanek M., Sedlar O., Suran P. 2019. Balance of potassium in two long-term field experiments with different fertilization treatments. *Plant, Soil and Environment*, 65 (5): 225–232. <https://www.agriculturejournals.cz/pdfs/pse/2019/05/01.pdf>
21. Bannick C. G., Bieber E., Böken H., Brach M., Brackemann H., Ehrmann H., Eichler F., Franzius V., Friedrich J. 2001. Grundsätze und Maßnahmen für eine vorsorgeorientierte Begrenzung von Schadstoffeinträgen in landbaulich genutzten Böden. Berlin: Umweltbundesamt, 126 p, Texte / Umweltbundesamt 01/59.
22. Barberis E., Ajmone Marsan F., Scalenghe R., Lammers A., Schwertmann U., Edwards A. C., Maguire R., Wilson M. J., Delgado A., Torrent J. 1995. European soils overfertilized with phosphorus: Part 1. Basic properties. *Fertilizer Research*, 45: 199–207. <https://doi.org/10.1007/BF0074859>
23. Batjes N. 2011. Global distribution of soil phosphorus retention potential. Wageningen, ISRICWorld Soil Information (with dataset), ISRIC Report 6, 42.
24. Baxter S. J., Oliver M. A., Archer J. R. 2006. The representative soil sampling scheme of England and Wales: the spatial variation of topsoil nutrient status and pH between 1971 and 2001. *Soil Use and Management*, 22 (4): 383–392. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2006.00047.x>
25. Benton Jones J. Jr. 2012. *Plant Nutrition and Soil Fertility Manual* (2nd ed.). CRC Press, chapters 2–19, p. 5–168. <https://doi.org/10.1201/b11577>
26. Bergström L., Kirchmann H., Djodjic F., Kyllmar L., Ulén, B., Liu J., Andersson H., Aronsson H., Börjesson G., Kynkääniemi P., Swanbäck A., Villa A. 2015. Turnover and losses of phosphorus in Swedish agricultural soils: Long-term changes, leaching trends, and mitigation measures. *Journal of Environmental Quality*, 44 (2): 512–523. <https://doi.org/10.2134/jeq2014.04.0165>
27. Bogužas V., Arvasas J., Šniauka P. 2013. Žemdirbystė. Akademija, p. 175.
28. Bučienė A. 2003. Žemdirbystės sistemų ekologiniai ryšiai. Klaipėda. 176 p.
29. Bučienė A. 2008. Azoto ir fosforo išplovos drenažu problematika plėtojant ekologinius mišrios gamybos ūkius. *Gyvulininkystė*. T. 52. P. 13–29.
30. Bučienė A. 2009. Leaching of biogens N and P from soils of Lithuania lowlands: disertacija. Vilnius, p. 5–10.
31. Bunemann E. K., Heenan D. P., Marshner P., McNeili A. M. Long –term effects of crop rotation, stubble management and tillage on soil phosphorus dynamics. *Soil Research*, 2006, 44 (6), P. 611–618.
32. Cabello P., Roldán M. D. Moreno-Vivián C. 2004. Nitrate reduction and the nitrogen cycle in archaea. *Microbiology* vol. 150: 3527–3546.
33. Cakmak I. 2010. Potassium for better crop production and quality. *Plant and Soil*, 335: 1–2. <https://doi.org/10.1007/s11104-010-0534-8>
34. Carbon farming explained: the pros, the cons and the EU's plans. 2022. <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/carbon-farming-explained-pros-cons-and-eus-plans>
35. Cherkasov N., Ibhaddon A. O., Fitzpatrick P. 2015. A review of the existing and alternative methods for green nitrogen fixation. *Chemical Engineering and Processing*. Vol. 90, P. 24–33.

36. Ciais P., Coauthors A. 2013. Carbon and other biogeochemical cycles. Climate Change The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 465–570 p.
37. Communication from the commission to the European parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions eu soil strategy for 2030 reaping the benefits of healthy soils for people, food, nature and climate.2021. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0699>
38. Cordell D., Drangert J.-O., White S. 2009. The story of phosphorus: Global food security and food for thought. Global Environmental Change, 19 (2): 292–305. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.10.009>
39. Cox A. E., Joern B. C., Brouder S. M., Gao D. 1999. Plant-available potassium assessment with a modified sodium tetraphenylboron method. Soil Science Society of America Journal, 63 (4): 902–911. <https://doi.org/10.2136/sssaj1999.634902x>
40. Dėl mėšlo ir srutų tvarkymo aplinkosaugos reikalavimų aprašo patvirtinimo. 2005. <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.260167/asr>
41. Djodjic F., Borling K., Bergstrom L. 2004. Phosphorus leaching in relation to soil type and soil phosphorus content. Journal of Environmental Quality. Vol. 33 (2). P. 678–684.
42. do Carmo Horta M., Torrent J. 2007. The olsen p method as an agronomic and environmental test for predicting phosphate release from acid soils. Nutrient Cycling in Agroecosystems 77 (3), 283-292.
43. DüV. 2007. Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenschutzmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung - DüV). Bundesgesetzblatt : Teil 1 / Bundesminister der Justiz 7:221-240.
44. EC 2004 Integrating environmental considerations into other policy areas - a stocktaking of the Cardiff process. Commission Working Document. COM(2004) 394 final (Commission of the European Communities).
45. EC 2006 Development of agri-environmental indicators for monitoring the integration of environmental concerns into the common agricultural policy. Communication from the Commission to the Council and the European Parliament. COM(2006) 508 final (Brussels: Commission of the European Communities)
46. EC 2014 Impact indicators for the CAP post 2013 (Brussels, Belgium: European Commission) Online: <http://ec.europa.eu/agriculture/cap-post-2013/monitoringevaluation>
47. Efektyvaus išteklių naudojimo Europos planas, KOM(2011) 0571. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/?uri=CELEX:52011DC0571>
48. ES prisitaikymo prie klimato kaitos strategija, COM(2021) 82. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/?uri=CELEX:52021DC0082>
49. ES strategija „Nuo ūkio iki stalo“, COM(2020) 381. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0381>
50. EU 2013 Regulation (EU) No 1306/2013 of the European Parliament and of the Council of 17 December 2013 on the financing, management and monitoring of the common agricultural policy and repealing Council Regulations (EEC) No 352/78, (EC) No 165/94, (EC) No 2799/98 Off. J. Eur. Union L 347 549–607.

51. Eurostat, 2013. Nutrient Budgets - Methodology and Handbook. Version 1.0.2. [http://ec.europa.eu/eurostat/documents/2393397/2518760/Nutrient_Budgets_Handbook_\(CP_SA_AE_109\)_corrected3.pdf/4a3647de-da73-4d23-b94b-e2b23844dc31](http://ec.europa.eu/eurostat/documents/2393397/2518760/Nutrient_Budgets_Handbook_(CP_SA_AE_109)_corrected3.pdf/4a3647de-da73-4d23-b94b-e2b23844dc31)
52. Feiza V., Jasius S., Semaškienė R., Lazauskas S., Karčauskienė D., Mažeika R., Bogužas V., Povilaitis A., Rudzianskaitė A., Ribikauskas V., Juodka R., Šakickienė A., Narvidienė K., Magyla R., Jodokienė L., Eimontienė G. Gerosios žemės ūkio praktikos kodeksas, kurio taikymas mažintų neigiamą žemės ūkio poveikį dirvožemiui, vandeniui, orui ir klimatui. 2019. Vilnius.
53. Francos M., Pereira P., Alcañiz M., Mataix-Solera J., Úbeda X. 2016. Impact of an intense rainfall event on soil properties following a wildfire in a Mediterranean environment (North-East Spain). *Science of the Total Environment*, 572: 1353–1362. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.145>
54. Galloway N. J. 2005. The global nitrogen cycle: past, present and future. *Science in China. Seria C: Life sciences*. Vol. 48, p. 861–870.
55. Gauger T., Anshelm F., Schuster H., Draaijers G. P. J., Bleeker A., Erisman J. W., Vermeulen A. T., Nagel H-D. 2002. Mapping of ecosystem specific long term trends in deposition loads and concentrations of air pollutants in Germany and their comparison with critical loads and critical levels: final report 2299 42 210; on behalf of Federal Environmental Agency (UBA), Berlin, Part 1: deposition loads, Stuttgart, 207 p.
56. Geochemical Atlas of Europe. Part 1: Background Information, Methodology and maps. 2005. <https://pub.geus.dk/en/publications/geochemical-atlas-of-europe-part-1-background-information-methodology>
57. Glaesner N., Kjaegaard C., Rubaek G. H., Magid J. 2013. Relation between soil P test values and mobilization of dissolved and particulate P from the plough layer of typical Danish soils from a long-term field experiment with applied P fertilizers. *Soil Use and Management*, 29 (3): 297–305. <https://doi.org/10.1111/sum.12060>
58. Gross nutrient balance. Eurostat. Žiūrėta: 2024.11.03. https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/aei_pr_gnb_esms.htm.
59. Guidelines on Fertilisation Planning and nutrient accounting, HELCOM, 2024. P.7.
60. Gužys S. 2001. Drenažo vandens nuotėkis, cheminių elementų migracija ir balansas biologinės ir intensyvios žemdirbystės sąlygomis Vakarų Lietuvos dirvožemiuose. *Žemdirbystė*. T. 74. P. 53–69.
61. Hasler K., Bröring S., Omta W.F., Olf H.-W. 2015. Lifecycleassessment (LCA) of different fertilizer product types. *Europ. J. Agronomy*. Vol. 69, P. 41–51.
62. Higginbotham S., Leake A. R., Jordan V. W., Ogilvy S. E. 2000. Environmental and ecological aspects of integrated, organic and conventional farming systems. *Aspects of Applied Biology*. Vol. 62, p. 15–20.
63. IPCC, 2006. Inter-government Panel for Climate Change Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl> [Žiūrėta: 2024.11.05].
64. Jiao S., Chen W., Wang J., Du N., Lil Q., Wei G. 2018. Soil microbiomes with distinct assemblies through vertical soil profiles drive the cycling of multiple nutrients in reforested ecosystems, *Microbiome*, Vol. 6: 146–152.

65. Jodaugienė D., Bogužas V., Mikučionienė R., Zemeckis R. Maisto medžiagų, išnešamų iš dirvožemio su auginamų pagrindinių lauko augalų ir žolynų derliumi, kiekio dinamikos tyrimai. 2014. Kaunas.
66. Jodaugienė D., Pranckietienė I., Zemeckis R. Ekologinės gamybos ūkių aprūpinimas maisto medžiagomis: natūralios, gyvulinės ir augalinės kilmės trąšos, ūkio NPK (azoto, fosforo, kalio) balansas. *Galutinė ataskaita*. 2017. Kaunas.
67. Johnson B. G., Verbug P. S. J., Arnone J. A. 2014. Effects of climate and vegetation on soil nutrients and chemistry in the Grait Basin studied along a latitudinal-elevational climate gradient. *Plant and Soil*, 382: 151–163. <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2144-3>
68. Jordan-Meille L., Rubæk G. H., Ehler P. A. I., Genot V., Hofman G., Goulding K., Recknagel J., Provolo G., Barraclough P. 2012. An overview of fertilizer-P recommendations in Europe: soil testing, calibration and fertilizer recommendations. *Soil Use and Management*, 28(4): 419–435. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2012.00453.x>
69. Jungk A., Claassen N. 1996. Availability of phosphate and potassium as the result of interactions between root and soil in the rhizosphere. *Pflanzenernahrung und Bodenkunde*. Vol. 4, p. 411–427.
70. Jungtinės Tautos (2015), Keiskime mūsų pasaulį. Darnaus vystymosi darbotvarkė iki 2030 m.
71. Kahrl F., Li Y., Su Y., Tennigkeit T., Wilkes A., Xu J. 2010. Greenhouse gas emissions from nitrogen fertilizer use in China. *Environmental science & policy*. Vol. 13, P. 688-694.
72. Kayser M., Muller J. ISSELSTEIN, J. Potassium leaching from cut grassland and from urine patches. *Soil Use and Management*, 2007, 23, P. 384–392.
73. Kirchmann H., Börjesson G., Bolinder M. A., Kätterer T., Djodjic F. 2020. Soil properties currently limiting crop yields in Swedish agriculture – An analysis of 90 yield survey districts and 10 long-term field experiments. *European Journal of Agronomy*, 120: 126132. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126132>
74. Klimato teisės aktas (Reglamentas (ES) 2021/1119). <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2021/1119/oj>
75. Končius D., Bernotas S. Kalkinimo ir tręšimo įtaka vasarinių rapsų derlingumui bei fosforo, kalio ir kalcio kiekiui dirvožemyje. *Žemdirbystė*, 2004. 85. P. 56-67.
76. Kuriame sveiką planetą visiems. ES veikslių planas „Siekiant nulinės oro, vandens ir dirvožemio taršos“, COM(2021) 400. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0400>
77. Kutra G., Aksomaitiene R. 2003. Use of nutrient balances for environmental impact calculations on experimental field scale. *European Journal of Agronomy*. Vol. 20 (1–2), p. 127–135.
78. Lambie S. M., Ratcliffe J. L. 2020. Multi-substrate induced respiration (functional capacity) in agriculturally degraded and intact restiad bogs: implications for carbon and nitrogen cycling. *Mires and Peat*, vol. 26: 17–21. doi: 10.19189/MaP.2019.OMB.StA.1816
79. Lapinskas E. 2008. Rhizobium ir mineralinio azoto reikšmė, formuojant asociatyvią azotą fiksuojančią sistemą su vasariniais rapsais. *Žemdirbystė / Zemdirbyste / Agriculture*. T. 95, Nr. 2, 29–44 p.
80. Lapinskas E. 2009. Biologinio azoto naudojimo perspektyvos. Prieiga per internetą: <https://www.manoukis.lt/mano-ukis-zurnalas/2009/02/biologinio-azoto-naudojimo-perspektyvos/>

81. Lapinskas E. 2010. Dirvožemio rūgštingumo (pH) įtaka gumbelinių bakterijų paplitimui ir biologinio azoto fiksacijai. *Ekonomika ir vadyba: aktualijos ir perspektyvos*. Nr. 3 (19), P. 217–222.
82. Lapinskas E. Biologinio azoto fiksavimas ir nitraginas. 1998. *Akademija*, p. 6–8; 14–18.
83. Lapinskas E., Ambrazaitienė D., Karčauskienė D. 2013. Kaip padidinti biologinio azoto atsargas ūkyje. <http://manoukis.lt/mano-ukis-zurnalas/augalininkyste/3029-kaip-padidinti-biologinio-azoto-atsargas-ukyje>.
84. Lazauskas S., Rainys K., Semaškienė R. Bulvių veislių derliaus stabilumas ir priklausomumas nuo oro temperatūros bei kritulių//*Žemdirbystė. LŽI ir LŽŪU mokslo darbai*. 2008. T. 95(4). P. 110–121.
85. Lietuvos dirvožemiai: kolektyvinė monografija. 2001. Kaunas.
86. Lietuvos klimatas: monografija (sud. Audronė Galvonaitė, Monika Misiūnienė, Donatas Valiukas, Marija Sigutė Buitkuvienė). – V.: Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba, 2007. – 180 p.: iliustr. – ISBN 978-9955-9758-2-3
87. Loges R., Kelm M., Taube F. 2006. Nitrogen balances, nitrate leaching and energy efficiency of conventional and organic farming systems on fertile soils in Northern Germany. *Advances in GeoEcology*. Vol. 46, p. 2492–2502.
88. Lundenkvam H. P –losses from three soil type at different cultivation systems. Seminar Phosphorus balance and utilization Agriculture Towards sustainability, 1998, 37 (7), P. 177–185.
89. Maikštėnienė S., Masiulionytė L. 2011. Racionalios agroekosistemos išsklaidytosios azoto taršos mažinimo šiaurės Lietuvos regione. *Kaimo raidos kryptys žinių visuomenėje*. 20(2): 277-283.
90. Mašauskas V. Aplinkosauga ir tęsimo planavimas: mokomoji medžiaga. 2009. Kėdainiai, *Akademija*, p. 34–42.
91. Mašauskas V., Mašauskienė A. 2005. Superfosfato kaip sieros šaltinio ilgalaikio naudojimo įtaka augalų derliui sėjomainoje. *Žemdirbystė. LŽI ir LŽŪU mokslo darbai*. T. 92. Nr. 4. P. 36–51.
92. Mažvila J. 2010. Lietuvos dirvožemių humusingamas. Kn.: *Agroekosistemų valdymas. Ilgalaikių agrocheminių tyrimų rezultatai. LAMMC*, p. 186–190.
93. Mažvila J. Lietuvos dirvožemių savybės ir jų kaita. Kaunas, 1998.- 195 p.
94. Mažvila J. Lietuvos žemės našumas. *Monografija*. 2011. *Akademija*, Kėdainių r.
95. Mažvila J., Staugaitis G., Adomaitis T., Arbačiauskas J., Vaišvila Z., Šumskis D. 2008. Agrochemical properties of Lithuanian soils and their changes after regaining independence. *Žemės ūkio mokslai*, 15 (3): 13–21. <http://mokslozurnalai.lmaleidykla.lt/publ/1392-0200/2008/3/13-21.pdf>
96. Mažvila J., Vaišvila Z., Radžiūnas V. 1992. Ilgalaikio tręšimo mineralinėmis trąšomis įtaka derliui, dirvožemio savybėms, maisto medžiagų išplovimui. *Antropogeninių veiksmų įtaka dirvožemio derlingumui*. Vilnius, p. 52–57.
97. Mengel K., Kirkby E. A., Kosegarten H., Appel T. 2001. Potassium. Mengel K. et al. (eds.). *Principles of Plant Nutrition* (5th ed.). Springer Dordrecht, p. 481–511. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-010-1009-2_10
98. Mengel K., Kirkly E. A. 1987. *Principles of plant nutrition*. International Potash Institute. Bern, Switzerland, p. 427–452.
99. Motuzas A., Buivydaite V., Danilevičius V., Šleinyas R. *Dirvotyra*. 1996. Vilnius – 376 p.

100. MVV Muster-Verwaltungsvorschrift für den Vollzug der Verordnung über die Grundsätze der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung) vom 26. Januar 1996 (1996) Bundesgesetzblatt: Teil 1 / Bundesminister der Justiz 6:118-121.
101. NaNagara T., Philips R. E., Legett J. E. 1986. Diffusion and mass-flow of nitrate nitrogen into corn roots grown under field conditions. *Agronomy Journal*. Vol. 68 (1), p. 67–72.
102. Navickas K., Venslauskas K. 2012. Biomasės būvio ciklo analizė. Mokomoji knyga. Akademija: 82 p.
103. OECD, 2007. (forthcoming). Environmental Indicators for Agriculture Volume 4, Paris, France, www.oecd.org/agr/env/indicators.htm
104. OECD/EUROSTAT, 2007. Gross Nitrogen Balances-Handbook. <http://www.oecd.org/greengrowth/sustainable-agriculture/40820234.pdf> 20, 2010
105. OECD/EUROSTAT. OECD/EUROSTAT gross nitrogen balances handbook, 2007 [online]. Žiūrėta 2024.11.03: https://www.researchgate.net/profile/Anoop_Srivastava7/post/How-to-calculate-nitrogen-Balance-in-crop-plants/attachment/5a3a1f074cde266d587c666b/AS%3A573558755082240%401513758471393/download/40820234.pdf
106. Ozbek F., Şaban Leip A. 2015. Estimating the gross nitrogen budget under soil nitrogen stock changes: A case study for turkey. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 205, 48–56.
107. Pajares S., Bohannan B. J. M. 2016. Ecology of nitrogen fixing, nitrifying, and denitrifying microorganisms in tropical forest soils. *Microbiol.*, 1–20.
108. Panten K., J. Rogasik F., Godlinski U., Funder J.-M., Greef E. 2009. Gross soil surface nutrient balances: The OECD approach implemented under German conditions. *Schnug / Landbauforschung - vTI Agriculture and Forestry Research*. Vol. (59):19-28.
109. Panten K.J., Rogasik F., Godlinski U., Funder J.-M., Greef E. Gross soil surface nutrient balances: The OECD approach implemented under German conditions. *Schnug / Landbauforschung - vTI Agriculture and Forestry Research* 1 2009 (59):19-28.
110. Pasiūlymas dėl LULUCF reglamento peržiūros, COM(2021) 554. <https://www.lrs.lt/sip/getFile?guid=86de3bc1-c5aa-4a02-8f16-44c071bf4700>
111. Pekarskas J. 2008. Tręšimas ekologinės gamybos ūkiuose. Kaunas, p. 189.
112. Peoples M. B., Ladha J. K., and Herridge D. F. 1995. "Enhancing legume N₂ fixation through plant and soil management". *Plant and Soil* 174, 83–101.
113. Petraitienė V. Žieminių kviečių derliaus ir jo struktūros elementų priklausomumas nuo mineralinių NPK trąšų bei dirvožemio judriųjų medžiagų. *Žemdirbystė: mokslo darbai*. LŽI, LŽŪU. Akademija (Kėdainių r.), 1996, t.51, p.21-37.
114. Plioplytė K. 2009. Biologinio azoto susikaupimas agrocenoze. Magistratūros baigiamojo darbo rankraštis. Lietuvos žemės ūkio universitetas. Akademija: 47 p.
115. Pocienė A., Pocius S. 2008. Prevencinės vandens taršos mažinimo priemonės. Mokomoji knyga. Kaunas: 76 p.
116. Povilaitis A., Rudzianskaite A., Misevičienė S., Gasiūnas V., Miseckaitė O., Živatkauskienė I. 2018. Efficiency of drainage practices for improving water quality in Lithuania. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*. 61(1): 179-196.
117. Pranaitis P. 2009. Mikrobiologijos pagrindai : vadovėlis aukštosios mokykloms Akademija, Kauno r. : Lietuvos žemės ūkio universiteto Leidybos centras. 325 p.

118. Pranckietis V., Tripolskaja L., Juška R., Gasiūnas V., Jodaugienė D., Pranckietienė I., Vaisvalavičius R., Kazlauskaitė S. „Pažangių technologijų ir gerosios praktikos žemės ūkyje taikymas bei skatinimo Lietuvoje, siekiant išvengti aplinkos taršos iš žemės ūkio šaltinių, studija“. Baigiamoji ataskaita. 2013. Akademija.
119. Quirin M., Emmerling Ch., Schröder D. 2004. Eignung von betriebs- und schlagbezogenen Stickstoffsalden zur Reduzierung von Stickstoffeinträgen in die Umwelt. *Ber Landwirtsch* 82(3):317-333.
120. Rehm G., Schmitt M. 2002. Potassium for crop production. *Nutrient Management*. University of Minnesota Extension. <https://extension.umn.edu/phosphorus-andpotassium/potassium-crop-production>
121. Robertson G., Vitousek P. 2009. Nitrogen in agriculture: balancing the cost of an essential resource. *Annual Review of Environment and Resources*, vol. 34: 97–125.
122. Römheld V., Kirkby E. A. 2010. Research of potassium in agriculture: needs and prospects. *Plant and Soil*, 335: 155–180. <https://doi.org/10.1007/s11104-010-0520-1>
123. Rudzianskaitė A., Misevičienė L. 2019. Effects of controlled drainage on soil water regime and quality in Lithuania. *Agrofor International Journal*. 4(1): 119-127.
124. Rutkuvienė V. M., Sabienė N. 2008. Aplinkos tarša. Mokomoji knyga. Lietuvos žemės ūkio universitetas. Akademija: 204 p.
125. Sattari S. Z., Bouwman A. F., Giller K. E., van Ittersum M. K. 2012. Residual soil phosphorus as the missing piece in the global phosphorus crisis puzzle. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109 (16), 6348–6353.
126. Savci S. 2012. Investigation of Effect of Chemical Fertilizers on Environment. *APCBEE Procedia* . Vol. 1, P. 287 – 292.
127. Schneider T. 2005. Nitrogen and phosphorus leakage in ecological recycling agriculture. *Environmental impacts of eco-local food systems: Final report from BERAS Work Package 2*. *Ekologiskt Lantbruk*. No. 41, p. 60–70.
128. Scholz R. W., Ulrich A. E., Eilittä M., Roy A. 2013. Sustainable use of phosphorus: a finite resource. *Science of the Total Environment*, 461–462: 799–803. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.05.043>
129. Schoumans O. F., Bouraoui F., Kabbe C., Oenema O., van Dijk K. C. 2015. Phosphorus management in Europe in a changing world. *AMBIO*, 44 (2): 180–192. <https://doi.org/10.1007/s13280-014-0613-9>
130. Schulte R., Melland A., Fenton O., Herlihy M., Richards K., Jordan P. 2010. Modelling soil phosphorus decline: Expectations of Water Framework Directive policies. *Environmental Science & Policy* 13 (6), 472–484.
131. Scoones I., Toulmin C. 1998. Soil nutrient balances: what use for policy? *Ag., Ecosys. Env.*, 71: 255–267.
132. Sharpley A. N., McDowell R. W., Kleinman P. J. A. Phosphorus loss from land to water: integrating agricultural and environmental management. *Plant and Soil*, 2001, 237 (8), P. 287-307.
133. Syers J. K. Soil and plant potassium in agriculture: Proceedings No. 411. The International Fertilizer Society. York, 1998. 32 p.
134. Statistisches Jahrbuch (2005) Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverl, 562 p.

135. STATUS OF NUTRIENT ACCOUNTING AND BOOKKEEPING IN ESTONIA. Workshop 28-29 April 2015. Žiūrėta: 2024.11.03. https://helcom.fi/wp-content/uploads/2019/08/02_HELCOM-Workshop_Estonia.pdf
136. Staugaitis G. 2005. Maisto medžiagų balanso skaičiavimo metodikos žemės ūkio augalams parengimas. Taikomojo tyrimo 2005 m. baigiamoji ataskaita. 104 p.
137. Staugaitis G. Ilgamečiai dirvožemio agrocheminių savybių stebėjimo tyrimai. *Galutinė ataskaita*. 2016. http://agrolab.lt/wp-content/uploads/2016/04/ZUM_ataskaita_2016_12_22.pdf
138. Staugaitis G., Arbačiauskas J., Žičkienė L., Masevičienė A., Šumskis D. Ilgalaikio tręšimo įtaka dirvožemio agrocheminėms savybėms ir cheminių elementų išplovimui. *Naujausios rekomendacijos žemės ir miškų ūkiui*. 2021. Akademija, Kauno r.
139. Staugaitis G., Masevičienė A., Žičkienė L. Dirvožemio organinės anglies (humuso) tyrimai žemės ūkio naudmenose. *Rekomendacijos*. 2022. Kaunas.
140. Staugaitis G., Mažvila J., Adomaitis T. 2015. Humuso kiekis. Kn.: Inovatyvūs dirvotyros ir agrochemijos mokslo sprendimai. LAMMC Agrocheminių tyrimų laboratorija, p. 207–210.
141. Staugaitis G., Mažvila J., Vaišvila Z. 2008. Mineralinis azotas dirvožemyje – augalų „duona“.
142. Staugaitis G., Vaišvila Z., J. Dirvožemio agrocheminiai tyrimai. 2019. Kaunas.
143. Staugaitis G., Žičkienė L., Masevičienė A. 2022. Dirvožemio agrocheminiai tyrimai: organinės anglies svarba. *Mano ūkis*, 5: 30–33.
144. Staugaitis G., Žičkienė L., Masevičienė A. Ilgamečiai dirvožemio agrocheminių savybių stebėjimo tyrimai 2021.
145. Staugaitis G., Žičkienė L., Masevičienė A. Mineralinio azoto tyrimai optimizuoja augalų mitybą. 2022. <https://manoukis.lt/mano-ukis-zurnalas/2022/04/mineralinio-azoto-tyrimai-optimizuoja-augalu-mityba/>
146. Staugaitis G., Žičkienė L., Masevičienė A., Arbačiauskas J., Šumskis D. Dirvožemio agrocheminių savybių stebėjimo tyrimai. Galutinė ataskaita. 2023. Kaunas
147. Stevenson F.J., Cole M. A. 1999. Cycles of soil: Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Sulphur and microelements (2nd ed.) New York, p. 384.
148. Stravinskienė V. 2009. Bendroji ekologija. Paskaitų konspektas. Vytauto Didžiojo universitetas. Kaunas: 129 p.
149. Šileika A. S.; Kutra S., Berankienė L. 2000. Nevėžio taršos fosfatais priežasčių tyrimai. *Vandens ūkio inžinerija*. Vol. 13 (35), P. 31–39.
150. Šileika A., Gužys S. 2003. Drainage runoff and migration of mineral elements in organic and conventional cropping systems. *Agronomie*. 23(7): 633-641.
151. Šlapakauskas V., Kučinskas J. 2008. Augalų mityba. Kaunas, p. 70–124.
152. Švedas A., Dabkevičius Z., Kadžiulis L., Lazauskas S. Klimato ir dirvožemio potencialas, jo naudojimas gaminant žemės ūkio produkciją. 1999. Vilnius.
153. Švedas A., Mašauskas V., Vasiliauskienė V., Lapinskas E., Greimas G., Mašauskienė A., Vaišvila Z. Augalų maisto medžiagų balanso žemės ūkyje normatyvai. 1999. Akademija, Kėdainių r.
154. Tyla A. 1995. Augalų maisto medžiagų migracija biosferoje. *Žemės ūkio mokslai*. Nr. 1(5), p. 3–10.
155. Tyla A., Rimšelis J., Šleinyš R. 1997. Augalų maisto medžiagų iššiplovimas iš įvairių dirvožemių. Akademija, p. 25.

156. Tóth G., Guicharnaud R.-A., Tóth B., Hermann T. 2014. Phosphorus levels in croplands of the European Union with implications for P fertilizer use. *European Journal of Agronomy*, 55: 45–52. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.12.008>
157. Toth G., Jones A., Montanarella L. 2013. LUCAS Topsoil Survey: methodology, data and results. Publications Office of the European Union. EUR26102.
158. Trewavas A. J. 2004. A critical assessment of organic farming—and–food assertions with particular respect to the UK and the potential environmental benefits of no–till agriculture. *Crop Protection*. Vol. 23, p. 757–781.
159. Tripolskaja L. 2004. Ilgalaikio trąšų naudojimo įtaka dirvožemio savybėms lizimetriniuose įrenginiuose. *Žemdirbystė: LŽI ir LŽŪU mokslo darbai*. T. 85 (1). P. 17–27.
160. Tripolskaja L. 2005. Organinės trąšos ir jų poveikis aplinkai. *Akademija, Kėdainių r.* 205 p.
161. Tripolskaja L. 2010. Antrapogeninis poveikis cheminių elementų išplovimui iš dirvožemio. *Monografija: Agroekosistemų komponentų valdymas*. p. 280–288.
162. Tripolskaja L., Janušienė V. 2010. Cheminių elementų išplovimas iš vyraujančių Lietuvos dirvožemių. Tripolskaja L. ir kt. (sudaryt.). *Agroekosistemų komponentų valdymas. Ilgalaikių agrocheminių tyrimų rezultatai: monografija*. Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centras, p. 282–287.
163. Ulen B., Bechmann M., Folster J., Jarvie H. P., Tunney H. 2007. Agriculture as a phosphorus source for eutrophication in the north-west European countries, Norway, Sweden, United Kingdom and Ireland: a review. *Soil Use and Management* 23, 5-15.
164. Unkovich M. D., Herridge M. Peoples, et al. 2008. "Measuring plant-associated nitrogen fixation in agricultural systems". Australian Centre for International Agricultural Research.
165. Uwizeye A. 2019. Nutrient challenges in global livestock supply chains. An assessment of nitrogen use and flows. P. 186.
166. Uwizeye A., Gerber P. J., Opio C. I., Tempio G., Mottet A., Makkar H. P., Falcucci A., Steinfeld H., de Boer I. J. M. 2019. Nitrogen flows in global pork supply chains and potential improvement from feeding swill to pigs. *Resources, Conservation and Recycling* 146, 168–179.
167. Vaišvila J. Z., Staugaitis G., Arbačiauskas J. 2024. Ilgalaikio tręšimo azotu, fosforu ir kaliu poveikis žemės ūkio augalams ir dirvožemiui. *Monografija*. Kaunas.
168. Vaišvila Z., Mašauskas V. 2010. Įvairios kilmės dirvožemių mitybos elementų režimas ir jo reguliavimas. *Monografija: Agroekosistemų komponentų valdymas*. p. 114–173.
169. Vaišvila Z., Mašauskas V. 2010. Įvairios kilmės dirvožemių mitybos elementų režimas ir jo reguliavimas. *Agroekosistemų komponentų valdymas: monografija (sudaryt. L. Mažvila ir kt.)*. Kaunas, p. 180–185.
170. Vandens pagrindų direktyva 2000/60/EB. https://e-seimas.lrs.lt/rs/legalact/TAK/e9770e706b1111e8b7d2b2d2ca774092/format/ISO_PDF/
171. Vandenų taršos iš žemės ūkio šaltinių mažinimo programa. 2008. <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.332958?jfwid=32wf8muu>
172. Velthof G., Oudendag D., Witzke H., Asman W., Klimont Z., Oenema O. 2009. Integrated assessment of nitrogen losses from agriculture in EU-27 using MITERRA-EUROPE. *Journal of Environmental Quality* 38 (2), 402–417.
173. Vidutinės klimatinių rodiklių reikšmės Lietuvoje 1981–2010 m. https://lt.wikipedia.org/wiki/Lietuvos_klimatas

174. Withers P. J. A., van Dijk K. C., Neset T.-S. S., Nesme T., Oenema O., Rubæk G. H., Schoumans O. F., Smith B., Pellerin S. 2015. Stewardship to tackle global phosphorus inefficiency: The case of Europe. *AMBIO*, 44 (2): 193–206. <https://doi.org/10.1007/s13280-014-0614-8>
175. Zörb C., Senbayram M., Peiter E. 2014. Potassium in agriculture – Status and perspectives. *Journal of Plant Physiology*, 171 (9): 656–669. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2013.08.008>
176. Титова В.И., Варламова Л.Д., Фишман В.Я., Седов Л.К. (1996). Гумусное состояние дерново–подзолистых почв при систематическом использовании птичьего помета // Резервы повышения плодородия почв и эффективности удобрений: Матер. межд. науч.–практ. конф. – Горки, БСХА, с. 125–127.

PRIEDAI

1 priedas. Duomenys, reikalingi maisto medžiagų (NPK) skaičiavimui

1 lentelė. Vidutiniai mineralinės mitybos elementų kiekiai organinėse trąšose kg t⁻¹

Organinės trąšos	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Mėšlas galvijų (kraikinis)	5,0	2,5	6
Srutos galvijų	2,5	0,6	3,6
Mėšlas kiaulių (kraikinis)	6	4,1	2,6
Kiaulių srutos	4,3	0,7	8,3
Paukščių mėšlas:			
vištų	22	18	11
ančių	8	15	5
žasų	6	5	9
Durpės žemapelkių	10,5	1,4	0,7
Sapropeliai	10–30	1,6–3,6	0,8–20,9
Šiaudai	5	2	9

2 lentelė. Mineralinės mitybos elementų įsisavinimo iš įterpto mėšlo koeficientai

Įterpto mėšlo veikimo metai	Dirvožemio granulimetrinė sudėtis	Maisto medžiagų įsisavinimas, %		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Pirmieji	smėlis	0,35	0,40	0,60
	priesmėlis – lengvas priemolis	0,30	0,35	0,55
	priemolis – molis	0,25	0,30	0,50
Antrieji	smėlis	0,20	0,10	0,25
	priesmėlis – lengvas priemolis	0,25	0,10	0,20
	priemolis – molis	0,25	0,10	0,20
Tretieji	smėlis	0,05	0	0
	priesmėlis – lengvas priemolis	0,10	0,05	0,10
	priemolis – molis	0,15	0,10	0,15

3 lentelė. Priešsėlių paliekamas azoto (N) kiekis kitų metų augalams

Priešsėliai	Azoto (N) kiekis, kg ha ⁻¹	
	pirmais metais po priešsėlio	antrais metais po priešsėlio
Žirniai	30	-
Varpinių javų ir ankštinių javų mišiniai	10	-
Pupos	40	10
Baltieji dobilai:		
- nuimti pirmais metais	40	20
- nuimti antrais metais	50	40
Rausvieji ir raudonieji dobilai:		
- nuimti pirmais metais	60	40
- nuimti antrais metais	90	50
Varpinių ir ankštinių žolių mišiniai	50	30
Liucerna	110	70

4 lentelė. Priešsėlių paliekamas fosforo (P₂O₅) ir kalio (K₂O) kiekiai

Priešsėlis	P ₂ O ₅ kg ha ⁻¹	K ₂ O kg ha ⁻¹
Varpiniai javai	0	0
Rapsai	0	0
Bulvės	0	5
Cukriniai runkeliai (lapus paskleidžiant lauke)	10	30–50
Žirniai	0	0
Dobilai	5	10
Liucernos	10	15

5 lentelė. Tarpinių augalų paliekami mineralinės mitybos elementų kiekiai

Augalai	N kg ha ⁻¹	P ₂ O ₅ kg ha ⁻¹	K ₂ O kg ha ⁻¹
Žalioji trąša (ankštiniai augalai):			
pirmaisiais metais	40–60	10	20–30
antraisiais metais	20–30	0	10–15
Žalioji trąša (neankštiniai augalai):			
pirmaisiais metais	15–20	10	20
antraisiais metais	0	0	0

6 lentelė. Mineralinės mitybos elementų pasisavinimo iš žaliosios trąšos (tarpinių augalų) ir priešsėlio koeficientai

Augalai	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Bulvės	0,5–0,6	0,3	0,5
Cukriniai runkeliai	0,4–0,5	0,3	0,5
Javai	0,5	0,3	0,5
Kiti augalai, žalioji trąša	0,4–0,5	0,3	0,5

7 lentelė. Žemės ūkio augalų derlingumo koeficientai ir išnešamas maisto medžiagų kiekis su pagrindine ir šalutine produkcija

Augalas	Produkcija	Derlingumo perskaičiavimo koeficientai (lyginant su pagrindine produkcija)	Maisto medžiagų kiekis kg t ⁻¹		
			Azoto (N)	Fosforo (P ₂ O ₅)	Kalio (K ₂ O)
Žieminiai kviečiai	grūdai	1	18,2	7,2	4,8
	šiaudai	1,2-1,4	4,6	4,6	9,3
Žieminiai rugiai	grūdai	1	15,4	6,6	5,1
	šiaudai	1,3-1,6	5,6	3,5	19,9
Vasariniai miežiai	grūdai	1	15,6	7,0	6,1
	šiaudai	0,8-0,9	5,8	1,2	14,8
Avižos	grūdai	1	16,9	8,0	5,7
	šiaudai	1,4-1,5	6,6	2,7	15,4
Vasariniai kviečiai	grūdai	1	16,2	5,6	4,7
	šiaudai	1,2-1,4	5,4	1,8	10,1
Žieminiai rapsai	sėklos	1	29,8	7,4	5,0
	kūlenos	1,5-1,7	5,3	1,8	4,2
Vasariniai rapsai	sėklos	1	36,5	8,9	8,2
	kūlenos	1,4-1,6	7,3	1,5	5,0
Grikliai	sėklos	1	23,8	4,0	4,0
	kūlenos	3,2-7,9	5,4	1,6	3,7
Linai	sėklos	1	34,5	7,3	7,9
	stiebai	0,7-0,9	5,2	0,5	1,0
Pašarinės pupos	sėklos	1	43,9	4,3	7,3
	kūlenos	1,0-1,4	6,7	0,4	6,8
Žirniai	sėklos	1	31,6	4,7	7,7
	kūlenos	1,0-1,3	14,2	2,4	6,4
Lubinai	sėklos	1	57,4	6,8	9,0
	kūlenos	2,2-4,2	11,6	4,4	11,8
Vikiai	sėklos	1	38,6	4,0	7,0
	kūlenos	1,2-1,5	11,0	3,1	5,9
Bulvės	gumbai	1	4,2	1,4	4,9
	bulvienojai	0,2-0,3	0,5	0,2	0,6
Cukriniai runkeliai	šakniavaisiai	1	1,9	0,7	2,3
	lapai	0,6-0,7	1,4	1,3	3,5
Pašariniai runkeliai	šakniavaisiai	1	2,5	0,8	5,0

	lapai	0,3-0,5	1,1	0,3	3,1
Kukurūzai	silosui	1	4,4	1,1	6,1
Rugiai	žaliajam pašarui	1	1,1	0,3	1,2
Rapsai	žaliajam pašarui	1	2,2	1,0	2,7
Lubinių–žirnių mišinys	žaliajam pašarui	1	4,9	0,6	2,3
Vikių–avižių mišinys	žaliajam pašarui	1	5,9	1,5	5,9
	silosui	0,8-0,9	7,8	2,0	7,9
	šienainiui	0,5-0,7	13,7	3,5	13,9
	šienui	0,1-0,25	19,5	5,0	19,8
Daugiametės žolės (ankštinės)	žaliajam pašarui	1	6,2	1,5	7,1
	silosui	0,8-0,9	8,2	2,0	9,5
	šienainiui	0,6-0,8	10,3	2,5	11,9
	šienui	0,1-0,3	20,6	5,0	23,7
Daugiametės žolės (ankštinės-varpinės)	žaliajam pašarui	1	5,4	1,4	6,1
	silosui	0,8-0,9	7,2	1,9	8,1
	šienainiui	0,5-0,6	12,5	3,4	14,2
	šienui	0,1-0,25	17,9	4,8	20,3
Kultūrinės pievos	žaliajam pašarui	1	5,6	1,3	7,0
	silosui	0,8-0,9	7,8	1,8	9,3
	šienainiui	0,5-0,6	13,7	3,1	16,2
	šienui	0,1-0,2	19,5	4,4	23,2
Kultūrinės ganyklos	žaliajam pašarui	1	6,4	2,0	8,3

8 lentelė. Išplautų iš skirtingų dirvožemių cheminių elementų kiekis

Vokė, 1972–1995 m. vidurkis

Dirvožemis	Azotas kg ha ⁻¹	Kalis kg ha ⁻¹
Sotusis paprastasis smėlžemis	45,9–87,7	14,5–43,4
Paprastasis karbonatingasis išplautžemis	35,9–65,7	10,6–17,2
Tippingas paprastasis išplautžemis	29,2–43,1	7,7–9,8
Tippingas nesotusis balkšvažemis	29,4–45,6	12,0–17,5
Nesotusis giliau glėjiškas balkšvažemis	38,4–42,7	10,5–13,4
Giliau karbonatingas rudžemis	42,0–58,0	10,2–13,9
Sekliai karbonatingas giliau glėjinis rudžemis	38,8–62,6	6,9–10,2
Sotusis giliai glėjinis rudžemis	29,2–32,9	6,5–9,8

9 lentelė. Gumbelinių bakterijų fiksuoto azoto kiekis

Augalai	Fiksuoto azoto kiekis pagal (Baddele, Jones, Topp; Helming, Stoddard, 2014)	Fiksuoto azoto kiekis (Lapinskas, 1998)
Liucerna	145–245	136–270
Raudonieji dobilai	100–145	126–266
Rausvieji dobilai	-	56–302
Baltieji dobilai	-	115–311
Ožiarūčiai	-	157–292
Gargždeniai	-	124–164
Ganyklos (20–30 proc. pupinių)	-	65–133
Lubinai	62–150	144–240
Žirniai	40–60	82–141
Pupos	-	126–194
Vikiai	50–65	70–125
Lėšiai	50–145	96–127
Avinžirniai	-	49–156
Sojos	50–145	30–105

Dėmesio! Pasisavinimo koeficientas iš gumbelinių bakterijų fiksuoto azoto 0,5.

2 priedas. Projekto sklaida

1. 1. Zaleckas E., Jodaugienė D., Mažuolytė-Miškinė E. *Tręšimo planavimo ir maistinių medžiagų apskaitos gairės pagal HELCOM*. Ūkininko patarėjas. 2024-09-26.



123rf nuotr.

dr. Ernestas ZALECKAS, dr. Dacija JODAUGIENĖ, dr. Edita MAŽUOLYTĖ-MIŠKINĖ
Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademija

Tręšimo planavimo ir maistinių medžiagų apskaitos gairės pagal HELCOM

2024/09/26

[Augalininkystė](#), [Gyvulininkystė](#), [Mano ūkis](#),

Augalų mitybos elementų balanso skaičiavimas yra svarbus įrankis, padedantis optimizuoti tręšimą ir sumažinti neigiamą poveikį aplinkai. Maisto medžiagų balanso skaičiavimas leidžia įvertinti, kiek maistinių medžiagų patenka į dirvožemį ir kiek jų išnešama su derliumi, taip padedant išvengti maistinių medžiagų trūkumo ar perteklinio tręšimo. Norint užtikrinti optimalią augalų mitybą bei ūkio rentabilumą, būtinas tikslinis ir subalansuotas tręšimas. Maistinių medžiagų praradimas iš žemės ūkio Baltijos jūros baseine yra didelis ekologinis iššūkis, prisidedantis prie eutrofikacijos.

HELCOM (Baltijos jūros aplinkos apsaugos komisijos) vienas iš tikslų – pateikti rekomendacijas, kuriomis ūkiai vadovautys arba reguliuotų tręšimo planavimą ir vykdytų maistinių medžiagų apskaitą. Tuo siekta sumažinti maistinių medžiagų perteklių ir jų praradimo riziką, o taip pat ir padėti šalims įgyvendinti šias Baltijos Jūros veiksmų plano gaires:

- E7 – tręšimo normų subalansavimas konkrečioje vietoje, skatinant tiksliąją tręšimo praktiką, kuri skirta pagerinti maistinių medžiagų naudojimo efektyvumą ir sumažinti maistinių medžiagų nuostolius.
- E17 – nacionaliniu lygmeniu iki 2023 m. susitarti dėl maisto medžiagų pertekliaus mažinimo priemonių atliekant tręšimus, siekiant sumažinti maistinių medžiagų nuostolius.
- E31 – sukurti teises ir institucines priemones, kurios padėtų vertinti kasmetinį lauko tręšimo planavimo lygį ir azoto (N) bei fosforo (P) maistinių medžiagų naudojimą pagal ūkio poreikius – kaip reikalavimas visiems Baltijos jūros regiono ūkiams sumažinti maistinių medžiagų perteklių ekonomiškai efektyviu būdu.

Tręšimo planavimas turėtų būti atliekamas ūkyje prieš kiekvieną auginamą augalą ir tręšiant lauką. Siekiant išvengti N ir P perteklių, jų reikėtų naudoti tik tiek, kiek reikia augalams norimam derlingumui išsauginti. Augalų mitybos elementų – N ir P balansas turėtų būti atliekamas visam ūkiui, įskaitant ir gyvulininkystę. Todėl vienu atveju žiūrima lauko, o kitu – viso ūkio lygmeniu.

HELCOM dokumente pagrindinis dėmesys skiriamas azotui ir fosforui, bet maistinių medžiagų apskaitą galima atlikti ir kitiems augalų mitybos elementams.

Tręšimo planavimas

Norint sumažinti maistinių medžiagų perteklių ir padidinti jų panaudojimo efektyvumą, svarbu:

- tręšimą pritaikyti prie dirvožemio derlingumo potencialo,
- atsižvelgti į su derliumi išnešamų maisto medžiagų kiekį,
- įvertinti augalams prieinamų maisto medžiagų kiekį dirvožemyje.

Tręšimą azotu reikėtų planuoti kasmet prieš augalų vegetacijos pradžią, tačiau tręšimą fosforu galima planuoti visai sėjomainai, nes šis elementas nėra toks judrus kaip azotas.

Svarbūs veiksniai, į kuriuos reikia atsižvelgti planuojant tręšimą

- Taisyklės / teisės aktai, ribojantys leistiną maistinių medžiagų kiekį pagal trąšų rūšį, paskleidimo laiką ir būdus.
- Dirvožemio mėginių ėmimas siekiant sudaryti dirvožemio žemėlapią ir/ar sukurti duomenų bazę su informacija apie dirvožemio pH ir augalų mitybos elementų kiekį laukuose. Naudinga, jei įtraukiama ir daugiau informacijos, pvz., dirvožemio granulometrinė sudėtis, organinės anglies, azoto ir kitų augalų mitybos elementų (maistinių medžiagų) kiekiai. Tikslusis tręšimas atliekamas remiantis turima informacija, kiekvienam laukui individualiai ir net lauke yra išskaidoma ir tręšiama pagal lauke esančias skirtingas vietas, kurios skiriasi mitybinių elementų kiekiu.

Pasėlimas reikalingas tręšimas azotu ir fosforu priklauso nuo:

- auginamų augalų ir jų planuojamo derlingumo,
- priešsėlio ir augalams prieinamų maistinių medžiagų dirvožemyje,
- biologinio azoto fiksavimo,
- organinių medžiagų kiekio dirvožemyje.

Trąšų naudojimas – reikia atsižvelgti į šiuos veiksnius:

- galimus maistinių medžiagų šaltinius: organines (pvz., mėšlas, srutos ir kitos organinės medžiagos) arba mineralines trąšas,
- ar naudojamų trąšų sudėtis atitinka pasėlių poreikius, ar reikia papildomai tręšti,
- galimus trąšų paskleidimo ir/ar įterpimo būdus,
- maistinių medžiagų paskleidimo laiką, siekiant sumažinti nuostolius ir padidinti maistinių medžiagų naudojimo efektyvumą,
- tręšimo azotu pritaikymą prie meteorologinių sąlygų,
- tręšimą fosforu kasmet arba vienu metu keleriems metams.

Maistinių medžiagų balanso skaičiavimas – pagrindiniai aspektai pagal HELCOM rekomendacijas:

1. Augalų mitybos elementų įnešimo ir išnešimo skaičiavimas:

- o nustatomi pagrindiniai maistinių medžiagų šaltiniai, tokie kaip mineralinės ir organinės trąšos, biologinis azoto fiksavimas, sėklinė medžiaga.
- o skaičiuojamos maistinės medžiagos išnešamos su derliumi ir šalutiniais produktais, taip pat nuostoliai dėl išplovimo, išgaravimo ir kt.

2. Įtraukiami regioniniai ypatumai:

- o rekomendacijos atsižvelgiant į skirtingų Baltijos jūros regiono šalių žemės ūkio praktiką, dirvožemio savybes ir klimatinės sąlygas.

3. Trąšų naudojimo efektyvumo didinimas:

- o siekiama optimizuoti trąšų naudojimą, kad būtų išvengta perteklinio tręšimo ir su tuo susijusių nuostolių.

4. Duomenų rinkimo ir analizės svarba:

- o rekomenduojama rinkti ir analizuoti duomenis, kad būtų galima tiksliai įvertinti trąšų naudojimą ir jo poveikį aplinkai.

5. Integruotos augalų maistinių medžiagų valdymo sistemos:

- o skatinamas integruotas požiūris į maistinių medžiagų valdymą, apimantis tiek augalininkystę, tiek gyvulininkystę.

Maistinių medžiagų balanso skaičiavimas turėtų būti taikomas kiekviename ūkyje, kaip priemonė geriau suprasti ir įvertinti jų naudojimo efektyvumą. Taip pat siekiant sumažinti maistinių medžiagų perteklinį naudojimą ir sumažinti jų praradimo riziką bei aplinkos taršą.

Medžiagų balanso skaičiavimai turėtų būti atliekami pagrindinėms maistinėms medžiagoms – NPK. Aktualiausi būtų azoto ir fosforo balanso skaičiavimai, nes šie elementai turi didžiausią poveikį aplinkai: pertekliniam jų kiekiui patekus į vandens telkinius ir Baltijos jūrą susiduriama su ekologinėmis problemomis. Balansas dažniausiai išreiškiamas kilogramais N arba P (judriojo fosforo – P2O5) vienam hektarui/ūkiui per metus. Balansas gali būti skaičiuojamas kiekvieniems kalendoriniams arba kiekvieniems derliaus metams. Pastarasis gali būti tinkamesnis skaičiavimams lauko lygiu, nes apimtų laikotarpį nuo augalų sėjos/sodinimo iki jų derliaus nuėmimo. Metiniai balansai gali labai skirtis vieni nuo kitų, nes juos gali veikti skirtingi veiksniai, pvz. meteorologinės sąlygos. Taigi, svarbu sekti balansus ir jų raidą bėgant metams. Patartina žiūrėti bent į trejų metų vidurkį. Informacija iš lauko balanso skaičiavimo gali būti tiesiogiai naudojama planuojant tręšimą ateinantiems metams. Maistinių medžiagų balansas apytiksliai rodo azoto ir fosforo praradimo riziką.

Naudinga, jei galima remtis panašių ūkių apskaičiavimų vertėmis. Tokiu atveju ūkininkai gali geriau įvertinti maistinių medžiagų naudojimo efektyvumą savo ūkiuose. Jei maistinių medžiagų perteklius yra didelis, palyginti su kitais panašią produkciją gaminančiais ūkiais arba su vienu atskiru ūkiu metai iš metų, tai rodo, kad reikėtų didinti maistinių medžiagų naudojimo efektyvumą.

Dalintis



HELCOM (Baltijos jūros aplinkos apsaugos komisija)

Tręšimo planavimas

Maistinių medžiagų balansas





Ar verta skaičiuoti maisto medžiagų balansą ūkiuose?

Dirvožemio maisto medžiagų tvaraus valdymo praktika prisidėtų prie negatyvių oro, dirvožemio, vandens taršos ir klimato kaitos padarinių mažinimo. Deja, ją įgyvendinti nėra paprasta.

Baltija yra viena iš penkių labiausiai užterštų pasaulio jūrų. Kasmet į ją patenka apie 640 tūkst. t azoto, 30 tūkst. t fosforo. Dalį šio kiekio nalementia netinkamai panaudotos trąšos ir (ar) likti augalų apsaugos produktai, o žemės ūkis įvardijamas kaip vienas iš taršos šaltinių. Dėl perteklinio azoto ir fosforo Baltijoje vyksta eutrofikacija, intensyviai dauginasi mikroskopiniai dumbliai ir melsvabakterės. Irdami dumbliai naudoja deguonį, todėl šio gyvų organizmų kvėpavimui reikalingo elemento sparčiai mažėja, susidaro negyvosios zonos.

Rekomenduojama tiksliai skaičiuoti maisto medžiagų (augalų mitybos elementų) balansą, tačiau ar tai duos realios naudos? Gal užtenka apsiriboti tręšimo planavimu, atsižvelgiant į dirvožemio savybes ir augalų poreikius?

Vienas iš Baltijos jūros aplinkos apsaugos komisijos, dar vadinamos Helsinkio komisija (HELCOM), prioritetų – į dirvožemius patenkančių maisto medžiagų kiekio mažinimas tarptautiniu ir regio-

niniu lygmeniu. Panašūs siekliai numatyti ir Europos Sąjungos žaliajame kurse – iki 2030 m. bent 20 proc. sumažinti naudojamų trąšų ir bent 50 proc. iš dirvožemio prarandamų maisto medžiagų kiekio.

Lietuvoje atlikta nemažai mokslinių tyrimų, susijusių su dirvožemyje esančių maisto medžiagų (mitybos elementų) balanso skaičiavimais, tačiau nėra parengtų aiškių gairių, kaip tai įgyvendinti. Dirvožemio maisto medžiagų valdymas, taikant tvariąją praktiką, prisidėtų prie negatyvių oro, dirvožemio, vandens taršos ir klimato kaitos padarinių mažinimo. Tai siejasi ir su ES žaliojo kurso reikalavimais bei HELCOM prioritetais, tačiau nėra labai lengvai įgyvendinama, nes priklauso nuo daugelio veiksnių, tokių kaip dirvožemio savybės, meteorologinės sąlygos ir kt., kurie kiekviename lauke ar kiekviename metais gali skirtis.

Vienas judriausių elementų

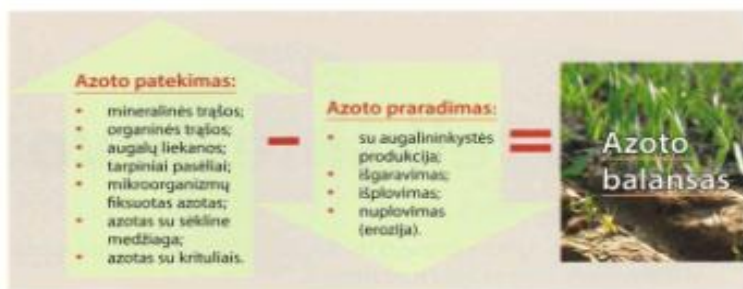
Vienas iš judriausių svarbiausių elementų, reikalingų augalams augti ir vys-

tytis, yra azotas. Jo perteklius gali sukelti nemažai problemų. Duomenys rodo, kad apie 30–50 proc. įterpto azoto augalai nepasisavina, jis patenka į aplinką amoniako ($N-NH_3$), nitrato ($N-NO_3$), azoto oksidų (NO , N_2O) arba molekulinio azoto (N_2) formomis. Azoto nuostolius iš dirvožemio lemia jo junginių transformacijos dirvožemyje intensyvumas, nesubalansuotas, netinkamu laiku atliktas augalų tręšimas, netinkamas trąšų formų parinkimas, meteorologinės sąlygos ir kt.

Daug kalbama apie azoto trūkumo požymius augaluose ir šio trūkumo poveikį produkcijos kokybei, tačiau ne visi pagalvoja, kur dingsta augalų nepasisavintas azotas, arba kaip suvaldyti azoto nuostolius, kurie atsiranda dėl išplovimo, išgaravimo ar nuplovimo.

Patenkančios ir prarandamos maisto medžiagos

Maisto medžiagų balansas – tai skirtumas tarp į dirvožemį patenkančių ir iš jo prarandamų maisto medžiagų. Patenkančios maisto medžiagos – tai mineralinės ir organinės trąšos, augalų likanos, krituliai, sėklos, mikroorganizmų fiksuoti ar atlaisvinti iš nejudriųjų formų mitybos elementai. Prarandamų maisto medžiagų



tytis, yra azotas. Jo perteklius gali sukelti nemažai problemų. Duomenys rodo, kad apie 30–50 proc. įterpto azoto augalai nepasisavina, jis patenka į aplinką amoniako (N-NH₃), nitrato (N-NO₃), azoto oksidų (NO, N₂O) arba molekulinio azoto (N₂) formomis. Azoto nuostolius iš dirvožemio lemia jo junginių transformacijos dirvožemyje intensyvumas, nesubalansuotas, netinkamu laiku atliktas augalų tręšimas, netinkamas trąšų formų parinkimas, meteorologinės sąlygos ir kt.

Daug kalbama apie azoto trūkumo požymius augaluose ir šio trūkumo poveikį produkcijos kokybei, tačiau ne visi pagalvoja, kur dingsta augalų nepasisavintas azotas, arba kaip suvaldyti azoto nuostolius, kurie atsiranda dėl išplovimo, išgaravimo ar nuplovimo.

Patenkančios ir prarandamos maisto medžiagos

Maisto medžiagų balansas – tai skirtumas tarp į dirvožemį patenkančių ir iš jo prarandamų maisto medžiagų. Patenkančios maisto medžiagos – tai mineralinės ir organinės trąšos, augalų liekanos, krituliai, sėklos, mikroorganizmų fiksuoti ar atlaisvinti iš nejudriųjų formų mitybos elementai. Prarandamų maisto medžiagų

kiekį lemia išvežama iš lauko augalininkystės produkcija, patirti nuostoliai dėl išgaravimo (azoto), išplovimo ir nuplovimo (erozija).

Gali būti skaičiuojami azoto, fosforo, kalio ir kitų medžiagų balansas, tačiau dažniausiai skaičiuojami azoto, fosforo ir humuso balansas. Daugeliu atvejų apskaičiuoti azoto balansas yra iššūkis, nes jį lemia maisto medžiagų kaupimasis, mikroorganizmų veikla, migracija, dirvožemio granulimetrinė sudėtis, organinių medžiagų kiekis, meteorologinės sąlygos, auginami augalai ir kt.

Azoto balanso skaičiavimas

Sudėtingiausia yra skaičiuoti azoto balansą. Skaičiuojant jį, galima tiksliai įvertinti su mineralinėmis trąšomis patenkančių jo kiekį, apytikslį kiekį – su organinėmis trąšomis, augalų liekanomis ir su sėkline medžiaga, tačiau visiškai netiksliai – patenkančių į dirvožemį su krituliais, sukauptą fiksuojančių bakterijų, išgaravusių ar išplautą azoto kiekį.

Kritulių gausa, jų pasiskirstymas per augalų vegetaciją ir lengva dirvožemio granulimetrinė sudėtis bei organinių medžiagų stoka lemia didesnę azoto išsiplovimą ir nuplovimą. Pastarajam pasireikšti įtakos turi ir vietovės reljefas, taikoma žemės dirbimo sistema, auginami augalai. Azoto nuostolius dėl išgaravimo lemia oro temperatūra, krituliai, azoto trąšų forma, technologijos.

Didžiausi azoto balanso skaičiavimų netikslumai gali atsirasti dėl pasirinkto mikroorganizmų fiksuoto atmosferos azoto kiekio, nes, pavyzdžiui, gumbelinės bakterijos gali sukaupti nuo 50 iki 300 kg ha⁻¹ azoto, o kai kuriais atvejais net 460 kg ha⁻¹. Kiek konkrečiais metais sukaupti gumbelinės bakterijos atmosferos azoto, priklausys ne tik nuo auginamų pupinių augalų rūšies, bet ir nuo meteorologinių sąlygų ir dirvožemio savybių.

Dar reikėtų įvertinti asociatyvių mikroorganizmų, laisvai gyvenančių, endofitinių bakterijų sukauptus azoto kiekius.

Vadinasi, norint apskaičiuoti faktinį azoto balansą, tyrimus reikėtų atlikti kiekvienais metais visose Lietuvos žemės ūkio paskirties žemėse. Tai nerealu nei fiziškai, nei finansiškai. Kitu atveju, jei naudosisime moksliniais tyrimais nustatytus kiekius, kur azoto kiekio intervalas yra gana platus, tai apskaičiuotas balansas, nelygu, koks pasirinktas skaičius iš nurodyto intervalo, tais pačiais metais konkretaus ūkio lauke gali būti teigiamas, neigiamas ar nulinis.

Tad ar prasminga jį skaičiuoti? Azoto balansas, apskaičiuotas pagal vidutinius Lietuvos ar konkretaus rajono rodiklius, nesumažina šio elemento nuostolių konkrečiame ūkyje (lauke) ir neišsprendžia vandens telkinių ir Baltijos jūros taršos problemos. Gerokai didesnė nauda būtų, jei kiekvienas ūkis pasėlių tręšimą planuotų pagal dirvožemio derlingumą ir auginamų augalų poreikius konkrečiam derlingumui pasiekti.

Siekiant įvertinti azoto naudojimo efektyvumą ūkyje (konkrečiame lauke), tikslingiau skaičiuoti azoto naudojimo efektyvumą (NUE). Taip pat tikslingas humuso kiekio vertinimas ir balanso skaičiavimas kas ketveri metai. Tai tiksliau atsakytų, kokie ūkių dirvožemio kokybės pokyčiai.

Apibendrinus galima teigti, kad kiekvienas ūkis turėtų augalus tręšti pagal tręšimo planus, plėsti skaitmenines technologijas žemės ūkyje, investuoti į dirvožemio tyrimus ir tiksliojo tręšimo įrangą. Tokiu atveju kur kas geriau būtų valdomi maisto medžiagų šaltai tiek ūkiu, tiek regione, tiek Baltijos jūros užterštumo požiriu.

Dr. Darija JODAGIENĖ,
dr. Edita MAŽUOLYTĖ-MIŠKINĖ,
dr. Ernestas ZALECKAS
VDU Žemės ūkio akademija

SUDERINTA:

*(Tyrimų priežiūros komisijos
pirmininkas)*

(Vardas, Pavardė)

(Data)